

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



Aplicabilidade do Programa de Eficiência Energética Eco.Ap – Caso de Estudo

João Dinis Gomes dos Santos

Dissertação

Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

2012

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



Aplicabilidade do Programa de Eficiência Energética Eco.Ap – Caso de Estudo

João Dinis Gomes dos Santos

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Trabalho realizado sob a supervisão de

Dulce Boavida (FCUL/LNEG)

David Salema (LNEG)

2012

“Intelligence is based on how efficient a species became at doing the things they need to survive”

Charles Darwin

Agradecimentos

Queria expressar os meus sinceros agradecimentos ao David Salema por todo o seu apoio e disponibilidade prestada, pelos conhecimentos que me transmitiu e pela motivação que me foi dando ao longo deste trabalho, além de se ter mostrado um amigo, ajudando-me em várias situações.

À Professora Dulce Boavida pela oportunidade que me proporcionou em abraçar este projecto, que se revelou ser um desafio, e que me preparou de certo modo para encarar com uma melhor perspectiva o meu desenvolvimento profissional futuro.

Ao António Abreu e ao Sr. Joaquim Milheiro pela prestabilidade e pelo apoio constante durante as visitas técnicas realizadas ao campus do LNEG.

Aos meus pais por todo o apoio e pela oportunidade que me deram em concretizar os meus estudos.

A todos os meus amigos que sempre me acompanharam e me apoiaram nos “bons e menos bons” momentos da minha vida académica.

Abstract

Energy Efficiency has been assuming greater relevance in society, due to the international commitments in order to fight energy waste and therefore the climate changes. Not falling being, the Portuguese Government releases the Program of Energy Efficiency in Public Administration (Eco.Ap), which has as major objectives promoting energy efficiency in public administration and developing a new energy services market, by hiring Energy Service Companies (ESCO) and promoting Energy Performance Contracts (EPC).

This thesys aims at analyzing the applicability of the Eco.Ap program, by evaluating, in terms of energy, one of the buildings with potentiality to be covered in this program and based on the critical analysis of the models of the Tender Specifications and Procedures Program Type (March 2012 version) proposed for the Eco.Ap program.

The building under study is located in the Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) Campus. The study included participation in an energy audit, where the consumptions of electric power were evaluated and analyzed, in order to, determine and recommend the Rationalization Measures of Energy Consumption (MRCE) for the lighting system, and drawing the plans of Measurement and Verification (M&V). In order to identify the critical points and suggest improvements to the methodologies present in the proposed models, every procedure aforementioned were conducted and analyzed under the Eco.Ap models.

The viability of the developed project within the case study was evaluated for the different scenarios of the Eco.Ap model, taking into account the perspective of the ESCO and the contracting authority. The methodologies for calculating the remuneration of ESCO and evaluation of proposals were also analyzed, as well as some points of the different stages of the process.

The results obtained in the analysis concluded that the implementation of the program Eco.Ap raises some issues that may compromise their proper development. The analysis of viability scenarios of the project (case study) showed that the application of the model Eco.Ap for such a project undermines the interest of the project from the perspective of the ESCO. The application of case study revealed that the contractual model still proved unbalanced and does not guarantee fairness between the parties. These models also revealed some inconsistencies between submitted clauses and the proposed calculation methodologies. Thus there are some points that can be changed in order to make the contractual model fairer and more balanced, contributing to its successful development and acceptance of the ESCO concept.

Key Words: Eco.Ap, Energy Efficiency, Energy Service Companies, Measurement and Verification

Resumo

A eficiência energética é uma matéria que tem vindo a assumir maior relevância na sociedade, face aos compromissos internacionais no combate ao desperdício de energia e às alterações climáticas. É neste contexto que o Governo Português avança com o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (Eco.Ap), que tem como objectivos promover a eficiência energética na administração pública e desenvolver um novo mercado de serviços de energia, através da contratação de Empresas de Serviços Energéticos (ESE) e da promoção de Contratos de Desempenho Energético (CDE).

Esta dissertação tem como objectivo principal analisar a aplicabilidade do programa Eco.Ap, através de uma avaliação energética realizada a um dos edifícios com potencialidades para ser abrangido neste programa e com base na análise crítica aos modelos do Caderno de Encargos e Programa de Procedimentos Tipo (versões colocadas para consulta pública em Março de 2012) propostos para o programa Eco.Ap.

O edifício objecto de estudo encontra-se no Campus do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG). O estudo incluiu a participação numa auditoria energética, onde foram avaliados e analisados os consumos de energia eléctrica, com vista à preconização de Medidas de Racionalização do Consumo de Energia (MRCE) para o sistema de iluminação e elaboração dos respectivos planos de Medição e Verificação (M&V). De forma a identificar os pontos críticos e apresentar algumas sugestões de melhoria nas metodologias presentes nos modelos propostos, todos os procedimentos supracitados foram realizados e analisados sob os modelos Eco.Ap.

A viabilidade do projecto desenvolvido, no âmbito do caso de estudo, foi avaliada para diferentes cenários do modelo Eco.Ap, tendo em consideração a perspectiva da ESE e da entidade adjudicante. As metodologias de cálculo de remuneração da ESE e de avaliação das propostas foram também analisadas, bem como alguns pontos das diferentes fases do concurso.

Os resultados obtidos na análise efectuada permitiram concluir que a aplicação do programa Eco.Ap levanta algumas questões que podem comprometer o seu bom desenvolvimento. A análise dos cenários de viabilidade do projecto (caso de estudo) mostrou que a aplicação do modelo Eco.Ap, para um projecto deste tipo, inviabiliza o interesse do projecto, na perspectiva da ESE. A aplicação do caso de estudo permitiu identificar que o modelo contratual ainda se revela desequilibrado e não garante a equidade entre as partes. Estes modelos revelaram também incoerências em algumas cláusulas apresentadas e nas metodologias de cálculo propostas. Desta forma, existem alguns pontos que podem ser alterados, de maneira a tornar o modelo contratual mais justo e equilibrado, contribuindo para o seu bom desenvolvimento e para a aceitação do conceito ESE.

Palavras-chave: Eco.Ap, Eficiência Energética, Empresa de Serviços Energéticos, Medição e Verificação

Índice

Agradecimentos.....	I
Abstract	III
Resumo.....	V
Índice de figuras	XI
Índice de tabelas	XIII
Lista de siglas	XV
1. Introdução.....	1
2. Objectivos.....	3
3. Organização da dissertação	4
4. Enquadramento geral.....	5
4.1 Eficiência energética em edifícios públicos	5
4.2 Programa Eco.Ap	8
4.2.1 Linhas gerais.....	8
4.2.2 Legislação aplicável	9
4.2.3 Bases do modelo proposto para o programa.....	9
4.2.4 Grau de implementação do programa.....	11
5. Conceitos base	13
5.1 As Empresas de Serviços Energéticos.....	13
5.1.1 O conceito ESCO	13
5.1.2 O mercado ESCO	13
5.1.3 Contrato de Desempenho Energético	14
5.1.4 Modos de Financiamento	17
5.1.5 A importância da medição e verificação da poupança energética em Contratos de Desempenho Energético.....	18

5.2	Auditoria Energética.....	19
5.2.1	Tipos de auditoria.....	19
5.2.2	Processo de auditoria.....	20
5.3	Metodologias de medição e verificação do desempenho energético.....	22
5.3.1	Introdução ao IPMVP.....	22
5.3.2	Conceitos fundamentais de M&V	23
5.3.3	Opções do IPMVP.....	25
5.3.4	Plano M&V	27
5.3.5	Custos de M&V.....	28
5.3.6	Boas práticas de M&V	28
6.	Caso de estudo – Edifício do Campus do LNEG	30
6.1	Auditoria energética	30
6.1.1	Caracterização do edifício	30
6.1.2	Caracterização da situação de referência.....	30
6.1.3	Consumos de energia eléctrica	31
6.1.4	Desagregação dos consumos de energia eléctrica	34
6.2	Caracterização do sistema de iluminação.....	35
6.2.1	Inventário do sistema de iluminação	35
6.2.2	Estimativa de Consumos	37
6.2.3	Teste de iluminância.....	38
6.3	Medidas de racionalização do consumo de energia.....	40
6.3.1	Apresentação das propostas preliminares.....	40
6.3.2	Análise financeira do projecto (Cenário Base).....	43
6.4	Análise da Viabilidade do Projecto sob o modelo Eco.Ap.....	46
6.4.1	Remuneração da ESE e condições financeiras	46
6.4.2	Análise financeira do projecto (Cenário Eco.Ap)	48
6.4.3	Avaliação das propostas	52
6.5	Plano de medição e verificação	55

7.	Análise crítica aos modelos propostos para o programa Eco.Ap	57
7.1	Objectivos do programa	57
7.2	Fase inicial do concurso	57
7.3	Segunda fase do concurso	58
7.4	Remuneração da ESE e condições financeiras	58
	• Metodologias de cálculo de remuneração	58
	• Tarifa de energia.....	59
	• Condições financeiras.....	59
7.1	Avaliação das propostas da ESE	60
7.2	Plano de medição e verificação	60
8.	Conclusões	62
9.	Trabalho futuro.....	64
10.	Bibliografia.....	65
11.	Anexos.....	68
	Anexo I – Instrumentação utilizada em auditorias energéticas	68
	Anexo II – Inventário do sistema de iluminação.....	69
	Anexo III – Características do novo sistema de iluminação	70
	Anexo IV – Preços da Energia	71
	Anexo V – Planos de M&V	72
	• MRCE 1 – Opção A	72
	○ Objectivo da MRCE e o seu impacto nas condições de funcionamento	72
	○ Opção do IPMVP e Fronteira de Medição	72
	○ Situação de referência	72
	○ Situação Pós-medida	75
	○ Poupança a Reportar.....	76
	○ Especificações do contador	77
	○ Precisão esperada	77
	○ Custos de M&V.....	77

• MRCE 2 – Opção B.....	78
○ Objectivo da MRCE e seu impacto nas condições de funcionamento	78
○ Opção do IPMVP, fronteira de medição e efeitos interactivos	78
○ Situação de referência	78
○ Situação Pós-medida	81
○ Poupança a Reportar.....	82
○ Especificações do contador	83
○ Precisão esperada	83
○ Custos de M&V	83
• Risco e responsabilidade	84
• Instrumentação requerida	84
• Preços da Energia	84
• Alteração e ajustes da <i>baseline</i>	85
• Relatórios de M&V	85
• Actividades de M&V Pós – medida	85
• Custos Totais de M&V para o projecto global.....	85
Anexo VI – Tabelas do programa Eco.Ap	87

Índice de figuras

Figura 1- Dependência Energética – Portugal [2000-2010] (DGEG, 2012)	1
Figura 2- Consumo Energético / PIB (2000 = 100) (DGEG, 2012).....	1
Figura 3 - Saldo Importador de Produtos Energéticos [2000-2010] (DGEG, 2012).....	2
Figura 4 - Distribuição do consumo de energia eléctrica (fonte: DGEG/MEID/PORTADA, 2010, dados tratados).....	6
Figura 5- Consumos de electricidade por tipo de edifício público (fonte: DGEG/ADENE, 2005)	6
Figura 6 - Processo de Concurso (baseado em (ADENE, 2012))	9
Figura 7 - Requisitos mínimos de poupança (baseado em (ADENE, 2012)).....	10
Figura 8 - Desagregação dos consumos energéticos por forma de energia, com base no consumo de energia final (kWh) (fonte: ADENE, 2012)	11
Figura 9 - Desagregação dos consumos energéticos por tipo de utilização, com base no consumo de energia final (kWh) (fonte: ADENE, 2012)	12
Figura 10 - Fases de um contrato de desempenho energético (baseado em APESE, 2011).....	15
Figura 11- Relação entre a entidade adjudicante, a ESCO e o financiador (baseado em AEPCA, 2000).	16
Figura 12 - Vantagens de um EPC em relação a um contrato tradicional (baseado em AEPCA, 2000)	17
Figura 13 - Perfil do consumo de energia antes e depois da implementação de MRCE (EVO, 2009) .	23
Figura 14 - Processo simplificado da selecção da melhor opção de M&V (EVO, 2009)	26
Figura 15- Evolução mensal dos consumos globais e emissões de CO _{2e} associadas, em 2011.	31
Figura 16- Distribuição mensal dos consumos de energia eléctrica, por classe tarifária (2011).....	31
Figura 17 – Distribuição anual dos consumos por classe tarifária, valores em MWh e %	32
Figura 18 – Diagrama de carga dos QGBT's na semana auditada (valores acumulados).....	33
Figura 19 – Diagrama de carga do quadro geral de distribuição (24 horas)	33
Figura 20 - Desagregação dos consumos de energia eléctrica (semana auditada)	34
Figura 21 - Desagregação da potência média absorvida em horário de expediente (valores em kW e %)	35
Figura 22 – Desagregação da potência instalada (incluindo balastros) por tipo de divisão (%)	36

Figura 23 - Desagregação da potência instalada por tipo de Lâmpada	36
Figura 24 - Diagrama de carga estimado para o sistema de iluminação (24 horas)	38
Figura 25- Simulação luminotécnica de um corredor com o novo sistema de iluminação.	40
Figura 26 - Simulação luminotécnica de um gabinete com o novo sistema de iluminação	41
Figura 27- Curva de <i>cash flow</i> descontado e acumulado do projecto a nível global (perspectiva de 10 anos) – cenário base	45
Figura 28-Curva de <i>cash flow</i> actualizado e acumulado em função da % de poupança garantida à entidade adjudicante	49
Figura 29 - Curva de <i>cash flow</i> actualizado e acumulado do projecto na perspectiva da entidade adjudicante e da ESE.....	51
Figura 30 - Influência da percentagem de poupança garantida à instituição na pontuação da proposta (para um valor fixo de 12 anos de duração de contrato)	53
Figura 31-Influência da duração de contrato na pontuação da proposta (para um valor fixo de 20% de poupança garantida à instituição)	53
Figura 32 - Diagrama de carga da semana monitorizada no ponto de medição do piso 3 (Q.E.3)	80

Índice de tabelas

Tabela 1 - Número de ESCO por País.....	14
Tabela 2 - Lista de nomes mais comuns de Auditorias e correspondentes níveis (ASHRAE, 2003) ...	20
Tabela 3 - Quadro-resumo das opções de M&V (Kummer, 2011)	25
Tabela 4 - Custos de M&V por opção (Langlois, 2009)	28
Tabela 5 - Estimativas dos períodos de utilização do sistema de iluminação	37
Tabela 6 - Teste de iluminância	39
Tabela 7 - Quadro tipo das medidas propostas pelo Adjudicatário.....	43
Tabela 8 - Análise financeira (perspectiva de 10 anos).....	44
Tabela 9 - Estimativas de remuneração anual da ESE	48
Tabela 10 - Quadro-resumo dos resultados da análise financeira	50
Tabela 11 - VAL do projecto nas diferentes perspectivas.....	51
Tabela 12 - Resultados da avaliação do projecto global	54
Tabela 13 - Sumário de M&V	55
Tabela 14 - Resultados de M&V (MRCE 1 e MRCE 2).....	56
Tabela 15 - Instrumentos fundamentais para auditorias energéticas (Bureau of Energy Efficiency, 2005).....	68
Tabela 16 - Inventário do sistema de iluminação interior do edifício	69
Tabela 17 - Características das novas luminárias para Gabinetes e Biblioteca (IPI, 2009)	70
Tabela 18 - Características das novas lâmpadas para Gabinetes e Biblioteca (Philips, 2012).....	70
Tabela 19 - Características das novas lâmpadas para a entrada principal (Osram, 2012).....	70
Tabela 20 - Características das novas lâmpadas para zonas de circulação (Osram, 2012)	70
Tabela 21 - Tarifário de Venda de Energia em Janeiro 2012 (EDP, 2012).....	71
Tabela 22 - Características do sistema de iluminação	72
Tabela 23 – Níveis de luminosidade	73
Tabela 24 – Períodos de funcionamento do sistema de iluminação	73
Tabela 25 - Parâmetros de Amostragem	74
Tabela 26 - Resultados finais de Amostragem	74

Tabela 27 - Medições pontuais e respectivos pontos de medição	75
Tabela 28 - Resultados do Consumo de Referência	75
Tabela 29 - Características do novo sistema de iluminação	75
Tabela 30 - Pontos de medição.....	76
Tabela 31 - Especificações do contador	77
Tabela 32 - Precisões esperadas (MRCE 1 - opção A)	77
Tabela 33 - Custos de M&V no período de referência, opção A	77
Tabela 34 - Características do sistema de iluminação.....	78
Tabela 35 – Níveis de luminosidade	79
Tabela 36 - Parâmetros de Amostragem	79
Tabela 37 - Resultados finais de Amostragem.....	79
Tabela 38 – Resultados da monitorização e respectivos pontos de medição	80
Tabela 39 – Consumos médios por luminária	81
Tabela 40 - Resultados do Consumo de Referência.....	81
Tabela 41 - Características do novo sistema de iluminação.....	81
Tabela 42 - Pontos de medição.....	82
Tabela 43 - Especificações do contador	83
Tabela 44 - Precisões esperadas (MRCE 2 - opção B).....	83
Tabela 45 - Custos de M&V no período de referência, opção B.....	83
Tabela 46 – Características de instrumentação de medida.....	84
Tabela 47 - Custo Total de M&V (projecto global).....	86
Tabela 48 - Quadro-resumo das variáveis de poupança.....	87
Tabela 49 – Requisitos de Serviço a definir pela entidade contraente (ADENE, 2012)	87
Tabela 50 - Matriz de risco e responsabilidade (ADENE, 2012).....	87

Lista de siglas

ADENE	Agência para a Energia
APESE	Associação Portuguesa de Empresas de Serviços Energéticos
AEPCA	<i>The Australasian Energy Performance Contracting Association</i>
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigeration, Air-conditioning Engineers</i>
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CDE	Contrato de Desempenho Energético
DGEG	Direcção Geral de Energia e Geologia
Eco.Ap	Programa de Eficiência Energética na Administração Pública
ESCO	<i>Energy Service Company</i>
ESE	Empresa de Serviços Energéticos
EPC	<i>Energy Performance Contract</i>
EVO	<i>Efficiency Valuation Organization</i>
ENE	Estratégia Nacional para a Energia
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FEMP	<i>Federal Energy Management Project</i>
GEE	Gases com Efeito de Estufa
GLEC	Gestor Local de Energia e Carbono
IPMVP	Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
M&V	Medição e Verificação
MRCE	Medida de Racionalização do Consumo de Energia
NAESCO	<i>National Association of Energy Service Companies</i>
PNAEE	Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética
PNAC	Programa Nacional para as Alterações climáticas
TPF	<i>Third Part Financing</i>

1. Introdução

O crescente aumento dos consumos energéticos deverá conduzir a uma utilização mais racional da energia, numa base estrategicamente adequada de maneira a garantir a competitividade económica de um país (Magueijo, 2010).

O sector energético português caracteriza-se por ser fortemente dependente do exterior, apesar de nos últimos anos se ter verificado uma tendência decrescente na importação de energia, atingindo em 2009 cerca de 77%, bem acima da média europeia (UE-27) de 53,9% (DGEG, 2012).

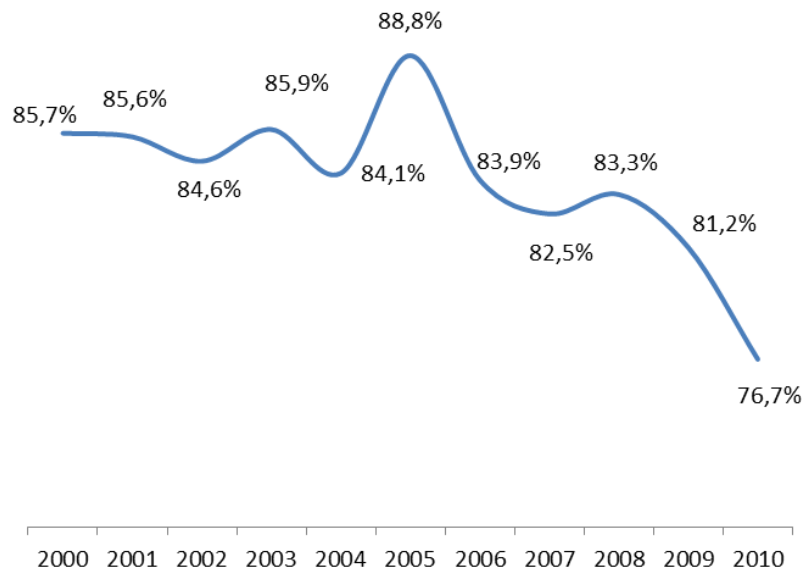


Figura 1- Dependência Energética – Portugal [2000-2010] (DGEG, 2012)

A intensidade energética é um dos indicadores de eficiência energética, a qual atinge valores elevados para Portugal, comparativamente com as médias da União Europeia. Contudo, observa-se para Portugal uma inversão da tendência nos anos entre 2005 e 2010, que ocorreu devido ao efeito cumulativo da diminuição do consumo de energia final e do aumento do PIB (Magueijo, 2010).

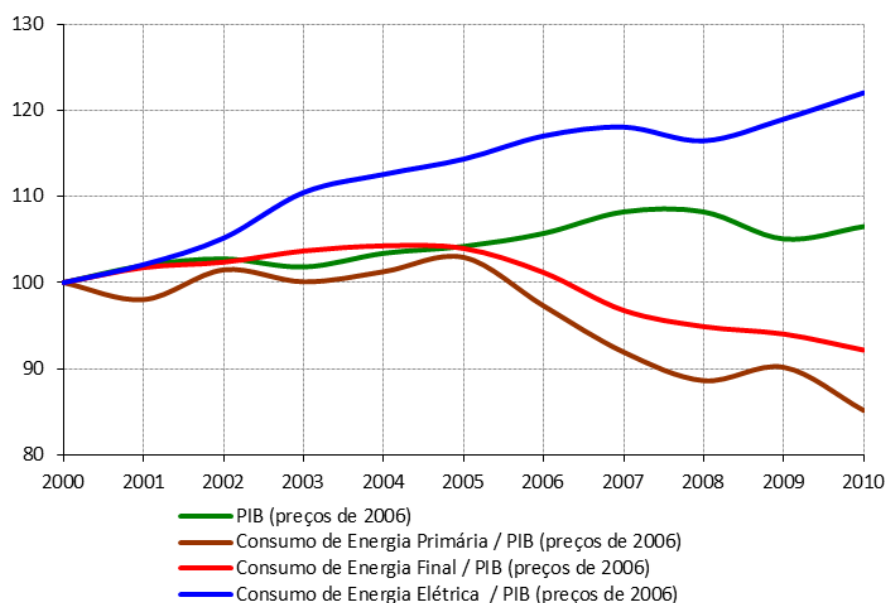


Figura 2- Consumo Energético / PIB (2000 = 100) (DGEG, 2012)

A dependência energética externa e os compromissos internacionais de redução das emissões dos Gases com Efeito de Estufa (GEE) são factores que condicionam a economia portuguesa. Tal como noutras economias de baixa eficiência energética, a importação de energia primária, nomeadamente do petróleo, do carvão e do gás, influenciam significativamente a economia de um país devido às variações dos preços da energia e das condições meteorológicas.

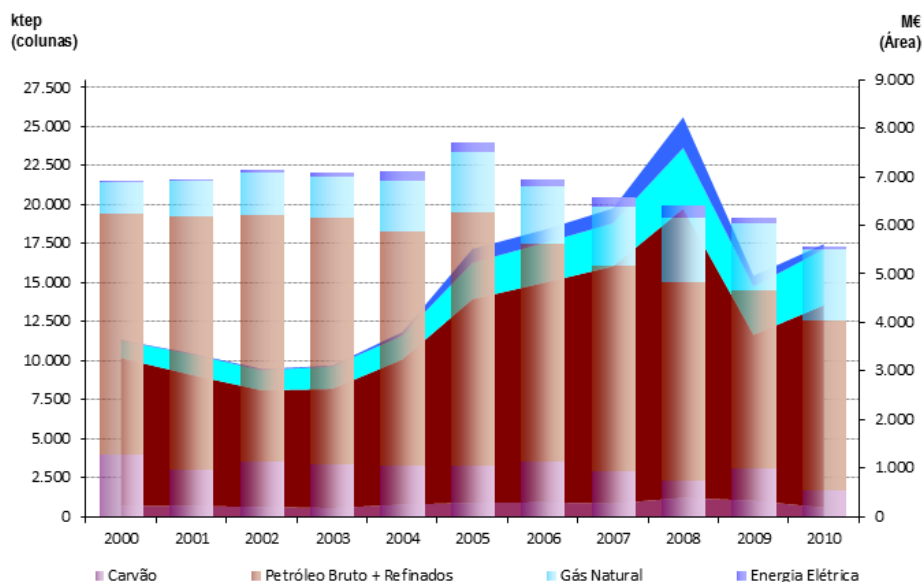


Figura 3 - Saldo Importador de Produtos Energéticos [2000-2010] (DGEG, 2012)

A preocupação com os factos económicos e ambientais supracitados conduz a uma necessidade de redução dos consumos energéticos nos vários sectores da sociedade portuguesa. É de notar que, uma utilização mais racional da energia poderá contribuir para o crescimento económico e o desenvolvimento industrial, bem como para a diminuição das emissões de CO₂. Contudo, é necessário que existam mais incentivos e uma política mais adequada no que diz respeito à promoção de eficiência energética.

Uma das principais razões para a diminuição da intensidade energética na maioria dos países europeus foi a implementação de medidas de políticas públicas que visavam o aumento da poupança e da eficiência energética. Estas medidas afectaram praticamente todos os sectores da sociedade, com especial incidência no aquecimento/arrefecimento de edifícios, na indústria, nos transportes, nos equipamentos e nos serviços.

Portugal implementou várias mediadas com vista à eficiência Energética, no âmbito do Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) e da Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020), surge o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública – Eco.Ap. Este tem como principal objectivo desenvolver uma política de eficiência energética na Administração Pública, nomeadamente nos seus serviços, edifícios e equipamentos, de forma a atingir um aumento da eficiência energética de 30% até 2020 (ADENE, 2012).

Neste contexto é estabelecido, através do Decreto-Lei n.º 29/2011, o regime jurídico aplicável à formação e execução dos Contratos de Desempenho Energético (CDE) que revistam a natureza de contratos de gestão de eficiência energética, a celebrar entre as ESE e os organismos da Administração pública directa, indirecta e autónoma, com vista à implementação de medidas de melhoria da eficiência energética nos edifícios públicos e equipamentos afectos à prestação de serviços públicos (Decreto-Lei n.º 29/2011, 2011).

Em Outubro de 2012, o programa Eco.Ap ainda se encontra em discussão pública. Esta situação deve-se essencialmente ao facto de os modelos para o Caderno de Encargos e Programa de Procedimentos Tipo, se encontrarem em revisão por diversas entidades, com o objectivo de encontrar o modelo mais adequado e equilibrado.

2. Objectivos

O objectivo principal desta dissertação é estudar a aplicabilidade do Programa de Eficiência Energética na Administração Pública, designado por Eco.Ap, em sede de um caso de estudo específico. Para tal fim, analisaram-se e avaliaram-se os consumos de energia eléctrica de um dos edifícios abrangíveis por este programa, e identificaram-se Medidas de Racionalização do Consumo de Energia (MRCE) para o sistema de iluminação do edifício, com base em critérios de exequibilidade de implementação das mesmas.

Foram ainda seleccionadas metodologias de medição e verificação e elaborados planos de M&V para as medidas propostas.

De forma a concretizar o objectivo supracitado, todo este processo foi baseado nos modelos propostos para o Caderno de Encargos e Programa de Procedimentos Tipo (versões colocadas para consulta pública em Março de 2012), do programa Eco.Ap, de forma a viabilizar uma análise crítica ao grau de aplicabilidade destes documentos, e a promover a identificação dos seus pontos críticos e apresentação de sugestões de melhoria.

Em última instância esta dissertação pretende contribuir para o apoio ao desenvolvimento deste programa e à promoção de Contratos de Desempenho Energético (CDE).

3. Organização da dissertação

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos principais. No capítulo 4 aborda-se a temática da eficiência energética em edifícios públicos e descreve-se em linhas gerais o programa Eco.Ap, incluindo as bases do modelo e o grau de implementação deste. No capítulo 5 apresentam-se os conceitos base, abordando os conceitos associados às Empresas de Serviços Energéticos (ESE), ao processo de auditoria energética e às metodologias de medição e verificação do desempenho energético.

No capítulo 6 mostra-se o caso de estudo aplicado a um dos edifícios potencialmente abrangíveis pelo programa Eco.Ap, que inclui parte da auditoria energética realizada e a preconização de Medidas de Racionalização de Consumos de Energia (MRCE), de forma a analisar e identificar potenciais incoerências e questões críticas constantes nos modelos propostos para o programa Eco.Ap.

No capítulo 7 apresentam-se um conjunto de pontos críticos e sugestões de melhoria preconizados ao longo das análises e conteúdos apresentados no capítulo anterior, nomeadamente através da aplicação e análise de algumas metodologias presentes nos modelos propostos para o Caderno de Encargos e Programa de Procedimentos Tipo (versões colocadas para consulta pública em Março de 2012) do programa Eco.Ap.

Por fim, no capítulo 8 apresentam-se as conclusões deste trabalho.

4. Enquadramento geral

4.1 Eficiência energética em edifícios públicos

As alterações climáticas associadas ao aumento das emissões causadas pelo uso dos combustíveis fósseis, para satisfazer as crescentes necessidades energéticas a nível global, têm causado uma enorme preocupação na sociedade. No sentido de mitigar o aquecimento global e de controlar as emissões poluentes, Governos mundiais assumiram várias estratégias; os países da União Europeia definiram metas até 2020, tais como, reduzir as emissões de gases de efeito de estufa (GEE) em 20% face aos níveis de 1990, aumentar em 20% o uso de fontes de energia renovável e implementar medidas de eficiência energética com o objectivo de se alcançar economias de energia de 20% face aos níveis de consumo actuais. (ADENE, 2012)

Para mudar este paradigma e encontrar um novo equilíbrio entre o ambiente e as gerações futuras é necessário intervir rapidamente e reduzir o consumo de energia. Devido a factores económicos e sociais, 28% da população mundial consome 77% de toda a energia produzida, sendo que os restantes 72% vivem com apenas 23% (Isolani, 2008). A Europa depende fortemente de países externos para suprir as suas necessidades energéticas, recorrendo aos combustíveis fósseis, dos quais não existe uma certeza de continuidade no fornecimento. O preço da energia tem tendência a aumentar e actualmente o custo anual da factura energética de um edifício é uma despesa bastante significativa. Portanto, é necessário dar início a uma nova revolução energética, incentivando o uso de fontes renováveis de energia e dando prioridade à aposta em medidas de eficiência energética.

A aposta em soluções mais eficientes nos edifícios públicos pode ser um excelente começo, servindo de exemplo para outras entidades e para o sector privado. As autarquias locais podem ter um papel fulcral na gestão eficiente dos edifícios públicos. Devido à complexidade da gestão de energia em edifícios públicos é importante a designação de um gestor de energia, este deve ser uma figura chave na gestão de grandes administrações públicas, bem como nos pequenos municípios. Uma melhor gestão e utilização das tecnologias disponíveis nos edifícios públicos podem conduzir a poupanças energéticas na ordem dos 30-35% (Isolani, 2008).

A adopção de políticas adequadas pode levar a poupanças de energia significativas nos edifícios públicos. Entre as medidas mais exequíveis e de possível aplicação destacam-se as medidas de melhoria para os sistemas de climatização e iluminação dos edifícios, a implementação de sistemas de produção de energia com recurso a fontes renováveis e a reabilitação eficiente da envolvente dos edifícios, entre outras.

Em Portugal, no que diz respeito à energia eléctrica, o sector industrial é o principal responsável por esse consumo, seguindo-se o sector residencial e o de serviços. Em relação aos edifícios públicos, estes representam cerca de 6% do consumo total de energia eléctrica, segundo estatísticas realizadas para o ano de 2010 (Pordata, 2012). A Figura 4 apresenta a distribuição do consumo de energia eléctrica por tipo de consumidor, em 2010.

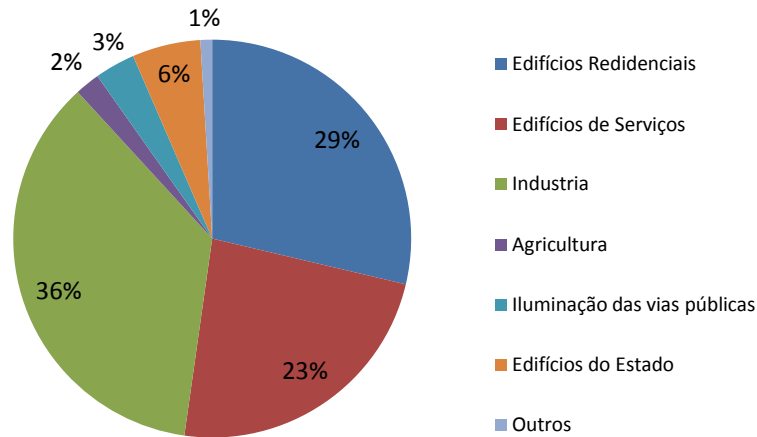


Figura 4 - Distribuição do consumo de energia eléctrica (fonte: DGEG/MEID/PORTADA, 2010, dados tratados)

Existe uma grande heterogeneidade nos edifícios públicos, desde os pequenos cartórios, espaços públicos e ministérios, até aos grandes hospitais, institutos e escolas. As escolas, institutos e hospitais são as entidades que mais consomem energia eléctrica, representado cerca de 45% do consumo total do estado. É expectável que exista um grande potencial de poupança energética neste tipo de edifícios, dependendo das condições actuais de cada edifício. A implementação de medidas com vista à melhoria do desempenho energético tem de ser distinta em função do tipo de edifício, com prioridade aos maiores consumidores. A Figura 5 apresenta os consumos de electricidade em função do tipo de edifício público (DGEG, 2012).

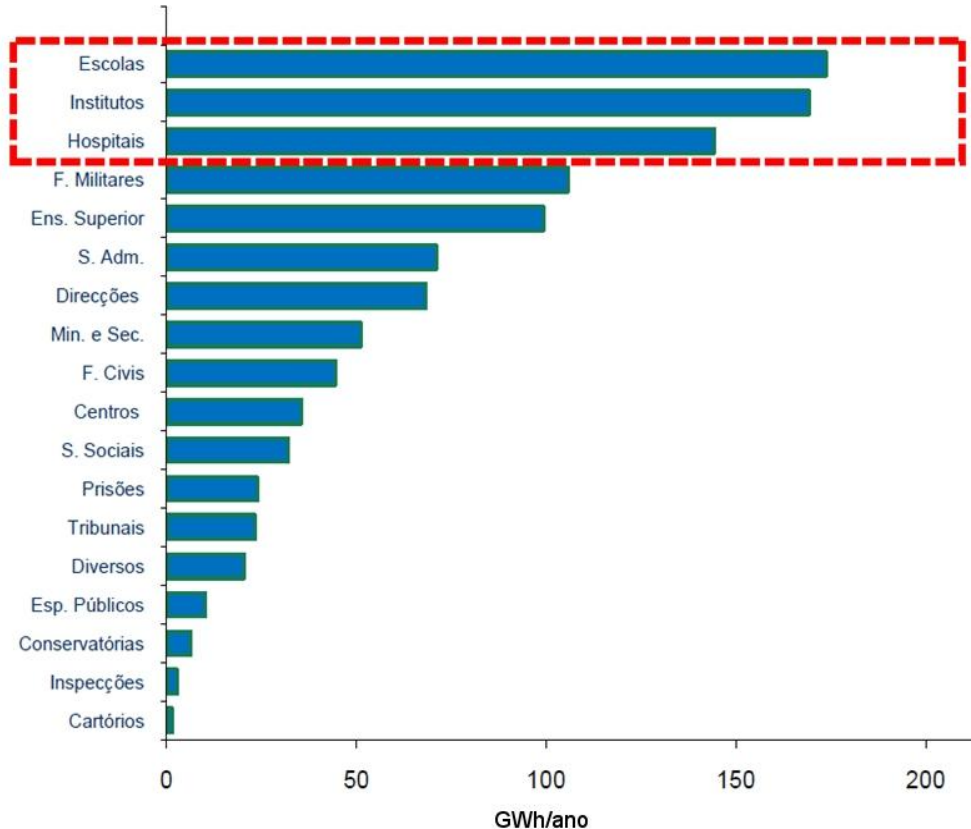


Figura 5- Consumos de electricidade por tipo de edifício público (fonte: DGEG/ADENE, 2005)

É de facto importante que existam políticas que incentivem o uso racional de energia, nomeadamente no sector público, e que estas sirvam de alavanca para os outros sectores. Em Portugal, entre 1982 e 2006, no âmbito do Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE), foram definidas metas de poupança de energia para vários sectores económicos (nomeadamente os edifícios de serviços). De acordo com este regulamento, qualquer empresa ou instalação de consumo energia intensivo (fábrica industrial, instalação agrícola, comercial, hotel, banco, hospital, instalações militares e outros edifícios de serviços) que utilizassem mais de 1000 tep por ano eram obrigados a realizar uma auditoria energética a cada cinco anos e a preparar um plano de racionalização de consumo de energia. (Fonseca, 2009)

Em 2006 a ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos) lançou o Regulamento nº8/2006, designado por Plano Português de Promoção de Eficiência Energética. Na sequência da Directiva 2006/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril de 2006, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos, esta obriga os estados membros a alcançar uma meta de 9% em economias de energia até 2016 e a preparar um Plano de Acção Nacional para a Eficiência Energética (PNAEE). O Governo Português demonstrou algum interesse na implementação de diversas políticas energéticas relativas à eficiência energética, promovendo o programa "Plano Nacional de Eficiência Energética – Portugal Eficiente 2015 ", que estabelece fundamentos para a melhoria da eficiência energética. (Fonseca, 2009)

Em 2006 foi transposta a Directiva nº 2002/91/CE para a ordem jurídica nacional através de um pacote legislativo composto por três Decretos-Lei: o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE) e o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). No âmbito dos grandes edifícios de serviços o Decreto de Lei nº 79/2006, que aprova o RSECE, estabelece as condições de conforto interior mínimas e os limites máximos de consumo de energia nos grandes edifícios de serviços existentes, em particular, para a climatização.

Aquando da escrita desta dissertação o PNAEE encontra-se em processo de revisão. Todavia, o horizonte temporal e os objectivos já tinham sido reforçados, de maneira a que sejam atingidas as metas Europeias de Eficiência Energética para 2020. Desta forma, surgiu a Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020) que promove a eficiência energética consolidando o objectivo de redução de 20% do consumo de energia final, em 2020. No âmbito do Plano Novas Energias – ENE 2020, foi criado o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública, designado por Eco.Ap, com o objectivo de aumentar em 30% a eficiência energética nos serviços públicos, equipamentos e organismos da Administração pública, no horizonte de 2020.

4.2 Programa Eco.Ap

4.2.1 Linhas gerais

O de Eficiência Energética na Administração Pública (Eco.Ap) tem como principal objectivo promover a eficiência energética na administração pública. Este programa consiste num conjunto de medidas de eficiência energética para implementação a curto, médio e longo prazos nos serviços, organismos e equipamentos públicos impulsionando a gestão racional de energia e a contratação de Empresas de Serviços de Energéticos (ESE). Este programa inclui ainda a opção de investimento e implementação em sistemas de micro-produção baseados em fontes renováveis de energia.

A eficiência energética no sector do Estado é uma das áreas do PNAEE, que se encontra em actual processo de revisão. O Eco.Ap foi lançado neste âmbito, com o intuito de atingir um aumento da eficiência energética até 2020. Inicialmente a meta era de 20% para o aumento de eficiência energética, mas o objectivo foi elevado para 30%, em termos globais.

A Estratégia Nacional para a Energia com o horizonte de 2020 (ENE 2020) prevê, como um dos seus principais objectivos, o desenvolvimento de um *cluster* industrial associado à promoção da eficiência energética. Para tal, é necessário que exista um verdadeiro mercado de empresas de serviços energéticos (ESE) de modo a que estas empresas e os seus profissionais adquiram experiência e estejam preparados para promover o conceito em mercados menos desenvolvidos.

As ESE são empresas que fornecem serviços de energia, através dos quais, promovem a melhoria do desempenho energético nas instalações de um utilizador. Estas têm como base o conceito ESCO (*energy service company*), que assenta no estabelecimento de contratos de desempenho energético (CDE). Neste modelo contratual a entidade promotora assume um certo risco financeiro, na medida em que a sua remuneração se baseia, total ou parcialmente, no nível de poupanças energéticas alcançadas e noutros critérios de desempenho energético, que possam ser definidos contratualmente.

Este programa tem assim como principais objectivos:

- Redução da factura energética nos serviços e organismos públicos;
- Redução dos consumos energéticos, com consequente redução de emissões de gases com efeito de estufa (GEE);
- Desenvolvimento da economia através da criação de condições para o desenvolvimento do mercado de empresas de serviços energéticos (ESE) e da contratação pública de serviços de gestão dos consumos energéticos;
- Contribuição para a concretização dos objectivos estabelecidos no Programa Nacional para as Alterações climáticas (PNAC);
- Combate ao desperdício de energia e à ineficiência no seu uso final em todas as suas vertentes, promovendo a alteração de hábitos e comportamentos, fundamental para assegurar a competitividade da economia e a qualidade do ambiente.

O Eco.Ap prevê ainda a designação de um gestor local de energia e carbono (GLEC) por instituição, enquanto elemento responsável pela dinamização e verificação dos CDE e respectivas medidas de racionalização de consumos energéticos (MRCE). Este terá como principais funções: assegurar e apoiar o desenvolvimento do programa; acompanhar o trabalho desenvolvido pela ESE; monitorizar os consumos energéticos e emissões de carbono das instalações; responder ao barómetro do Eco.Ap e comunicar com o interlocutor do Ministério. No âmbito deste programa é ainda criado o barómetro da eficiência energética destinado a divulgar os consumos energéticos de todos os edifícios e serviços. Aquando da escrita do presente documento, foram nomeados cerca de 500 GLEC (ADENE, 2012).

As entidades públicas de maior consumo energético, que em conjunto representem pelo menos 20% do consumo de energia de cada ministério e que, individualmente ou agrupadas, tenham consumos superiores equivalentes a 100 MWh/ano, devem celebrar CDE com as ESE. Existirá também um sistema de qualificação para as ESE, em que o DGEG é responsável, da responsabilidade da DGEG, e

os projectos terão dois níveis aos quais se aplicarão diferentes exigências técnicas e financeiras: nível 1 para consumos anuais inferiores ou iguais a 3GWh; nível 2 para consumos anuais superiores a 3GWh, no qual se exigem mais requisitos técnicos e financeiros por parte das ESE (ADENE, 2012).

4.2.2 Legislação aplicável

O programa Eco.Ap, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2011, de 12 de Janeiro, constitui um instrumento de execução do PNAEE. Este está ao abrigo do Decreto-Lei n.º 29/2011, de 28 de Fevereiro. Enquadram-se ainda nos objectivos propostos o cumprimento dos Decretos-Leis n.º 78/2006 e 79/2006, de 4 de Abril de 2006, no que se refere à Certificação Energética de Qualidade do Ar Interior dos Edifícios Existentes.

Neste contexto é estabelecido, através do Decreto-Lei n.º 29/2011, o regime jurídico aplicável à formação e execução dos CDE que revistam a natureza de contratos de gestão de eficiência energética, a celebrar entre os serviços e organismos da Administração pública directa, indirecta e autónoma e as ESE, com vista à implementação de medidas de melhoria da eficiência energética nos edifícios públicos e equipamentos afectos à prestação de serviços públicos. Os procedimentos do concurso para a formação de contratos de gestão de eficiência energética são compostos pelas seguintes fases:



Figura 6 - Processo de Concurso (baseado em (ADENE, 2012))

É ainda definido, no Decreto-Lei n.º 29/2011, que, para efeitos de análise das propostas e aferição do cumprimento das economias de energia garantidas em contrato, a ESE deve apresentar, todos os anos, um relatório de medição e verificação que avaliará as economias de energia obtidas no ano anterior. (ADENE, 2012)

A RCM 67/2012 publicada em 9 de Agosto de 2012, no contexto do programa Eco.Ap, aborda o estado actual do programa, na qual indica que o Programa de Procedimentos Tipo e o Caderno de Encargos Tipo foram objecto de consulta pública e aguardam a aprovação por portaria dos membros do Governo responsáveis pelas áreas das finanças e da economia. Esta considera decisivo fazer anteceder o lançamento dos procedimentos pré-contratuais com vista à celebração de contratos de gestão de eficiência energética, entre os ministérios envolvidos, cuja minuta e modelo de contrato é elaborada pelo membro do Governo responsável pela área da energia e submetida a parecer prévio vinculativo do membro do Governo responsável pela área das finanças, ao qual aderem as entidades adjudicantes e se define a devida homogeneidade contratual. (RCM 67/2012, 2012)

4.2.3 Bases do modelo proposto para o programa

O modelo contratual definido para o programa Eco.Ap apresenta as seguintes condições e restrições:

- O prazo de contrato é fixado em função do tempo necessário para a amortização e remuneração do capital investido pela ESE e não poderá ser inferior a 6 anos nem superior a 16 anos.
- Para efeitos de remuneração da ESE, o prazo de contrato só se inicia quando as medidas de eficiência energética implementadas perfizerem, pelo menos, 75% do aumento de eficiência energética contratualizado.

- A poupança é feita com base em economias energéticas, de todos os vectores energéticos existentes, em relação ao consumo de um período de referência, designado por *baseline* (expresso em kWh).
- A *baseline* é definida no concurso, podendo ser:
 - O consumo energético dos últimos 12 meses ou da média dos últimos 3 anos,
 - Um período representativo da utilização normal do edifício em função das suas características, devendo os valores de consumo ser baseados nas facturas energéticas.
- A poupança alvo é de 30%, sendo obrigatória uma redução mínima de 15% face à *baseline*.
- A proposta de poupanças será feita pelas ESE durante o concurso, sendo que estão definidos os valores mínimos, tal como mostra a Figura 7:
 - Valor mínimo de 15% de poupança total, em kWh, em relação à *baseline* de consumo.
 - Valor mínimo de 20% da poupança total contratualizada, correspondente em euros, reverte para a entidade adjudicante, mesmo que a poupança não seja alcançada.
 - A ESE pode garantir à entidade adjudicante uma maior percentagem, em relação à poupança total contratualizada, que reverterá para esta mesmo que não se verifique qualquer poupança energética.
 - Em caso de as economias de energia obtidas forem superior às contratualizadas, são partilhadas entre as partes (de acordo com um pré-arranjo percentual).
- A ESE deve apresentar, anualmente, um relatório de medição e verificação que avaliará a poupança de energia obtida em custos e consumos evitados no ano anterior. Os planos M&V devem ser propostos para cada uma das medidas de eficiência energética (na segunda fase do concurso pelas ESE concorrentes), de acordo com o protocolo IPMVP.
- A *baseline* está sujeita a ajustamentos anuais, na sequência da ocorrência de alterações materiais, desde que identificadas previamente no plano de medição e verificação apresentado pela ESE e aprovadas pela entidade adjudicante.
- A ESE é ainda responsável pela manutenção dos serviços acordados e dos bens afectos ao projecto, pelo financiamento do projecto e pela certificação energética do edifício.

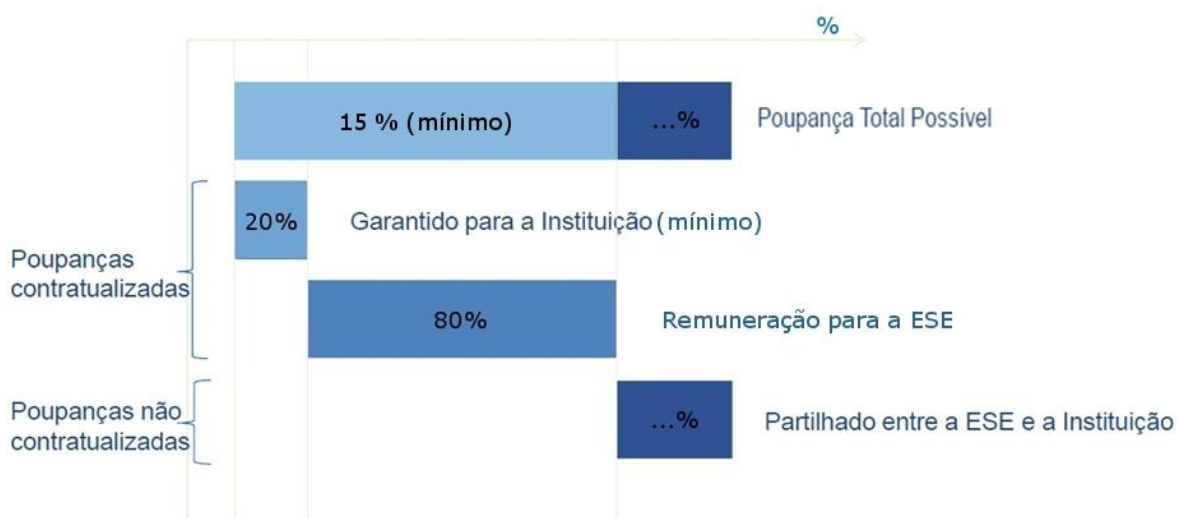


Figura 7 - Requisitos mínimos de poupança (baseado em (ADENE, 2012))

4.2.4 Grau de implementação do programa

O Programa de eficiência energética Eco.Ap prevê abranger numa fase piloto cerca de 300 edifícios até 2015, ou seja, cerca de 750GWh de energia, o que significa mais de 75 milhões de euros de factura energética. Ainda em 2012, encontra-se previsto o lançamento do concurso para os primeiros 30 edifícios ou equipamentos do Estado, encontrando-se a Secretaria de Estado da Energia, em articulação com a Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG), a Agência para a Energia (ADENE) e outras entidades, a trabalhar já na montagem de diferentes instrumentos que apoiem a dinamização do programa. Os modelos para os Cadernos de Encargos e Programa de Procedimentos Tipo para este programa foram elaborados (versões colocadas para consulta pública em Março de 2012) e encontram-se, aquando da concretização do presente documento, em revisão e a aguardar publicação dos documentos finais (ADENE, 2012).

De acordo com a ADENE, foram visitados 50 edifícios/equipamentos com um consumo anual de 150 GWh, até ao final de Março de 2012, sendo que destes, pelo menos 50% têm potencial para ser integrados na primeira fase. Presentemente está também a ser desenvolvido um *roadmap*, com a previsão dos procedimentos concursais a serem lançados até 2015 (ADENE, 2012).

Nesta fase, foi também criado o Barómetro Eco.Ap que se destina a comparar e a divulgar publicamente o desempenho energético dos serviços públicos. Este Barómetro, através de um mecanismo de avaliação e ranking de entidades, promove a competição saudável entre as entidades públicas. Com base na análise feita a 28 entidades públicas, que inclui 399 edifícios, foi realizado uma fase piloto do Barómetro Eco.Ap, em Dezembro de 2011. Os resultados desta análise foram divulgados publicamente, pela ADENE, e realçam a importância para a implementação de medidas de eficiência energética na redução de consumos sobretudo em sistemas de climatização e de iluminação.

Recentemente foi publicada a RCM 67/2012, a qual refere que o avanço do programa Eco.Ap ainda aguarda a aprovação do caderno de encargos tipo e o lançamento dos procedimentos pré-contratuais com vista à celebração de contratos de gestão de eficiência energética, ao qual aderem as entidades adjudicantes, cujos edifícios e equipamentos revelaram um maior potencial para implementação de medidas de melhoria de eficiência energética.

A Figura 8 mostra os resultados do barómetro Eco.Ap, referentes aos edifícios analisados, distinguindo os consumos energéticos por forma de energia, com base no consumo final de energia (kWh).

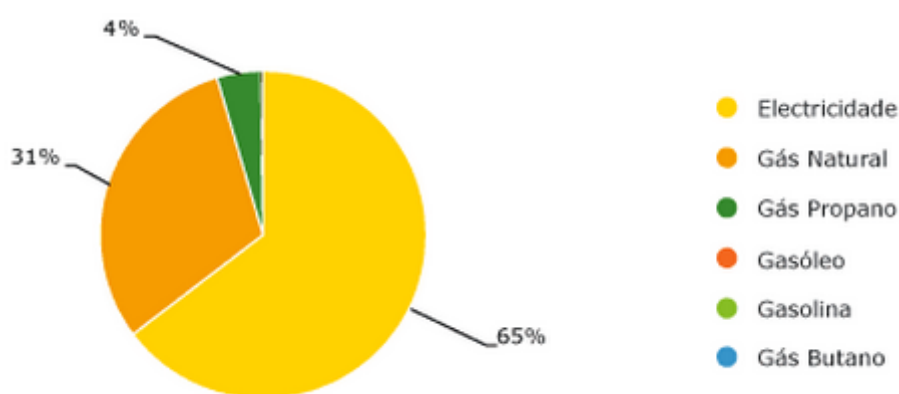


Figura 8 - Desagregação dos consumos energéticos por forma de energia, com base no consumo de energia final (kWh) (fonte: ADENE, 2012)

A Figura 9 apresenta os resultados do barômetro Eco.Ap, referentes aos edifícios analisados, distinguindo os consumos energéticos por tipo de utilização, com base no consumo de energia final (kWh).

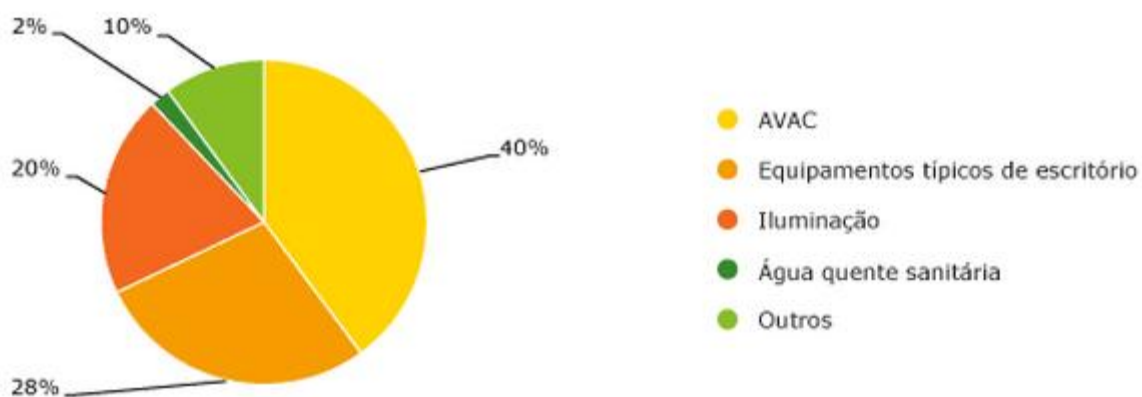


Figura 9 - Desagregação dos consumos energéticos por tipo de utilização, com base no consumo de energia final (kWh) (fonte: ADENE, 2012)

5. Conceitos base

5.1 As Empresas de Serviços Energéticos

5.1.1 O conceito ESCO

O conceito ESCO (*Energy Service Companies*) surgiu na década de 70 nos EUA, após a crise do petróleo, com a subsequente subida crescente do preço da energia. Décadas mais tarde, este conceito apareceu na Europa e desenvolveu-se com sucesso em países, como a Alemanha. Na década de 90 as primeiras ESCO foram criadas nos países em desenvolvimento. Actualmente este conceito expandiu-se para várias economias, desde países mais industrializados aos maiores países em desenvolvimento (Ürge-Vorsatz, 2007).

As empresas de serviços energéticos (ESE) transpõem para o domínio nacional o conceito “ESCO” e têm como finalidade prestar serviços de energia e eficiência energética recorrendo a meios próprios, ou por si contratados. Os serviços de energia podem incluir auditorias energéticas, gestão de energia, fornecimento de energia ou equipamentos e prestação de serviços. A remuneração dos serviços prestados é alcançada á medida que os objectivos financeiros de poupança energética são atingidos ou através de outros critérios de desempenho acordados, sendo desta forma os riscos de investimento e de exploração partilhados entre a ESCO e a entidade adjudicante¹ (Bertoldi P. a., 2005).

Tendo como base este critério de financiamento, uma empresa do tipo ESCO pode assumir ou não a responsabilidade financeira inerente a fase inicial e ao desenvolvimento do projecto de eficiência energética proposto à entidade adjudicante. A ESCO tem a função de propor as melhores soluções técnicas que visem uma maior poupança energética e um tempo de retorno do investimento adequado, sendo responsável pelo financiamento total ou parcial das diferentes fases do projecto, podendo incluir ou não a gestão e manutenção da instalação durante o período de contrato.

Desta forma uma ESCO assume os riscos associados ao desempenho energético proposto e acordado num contrato de desempenho energético (CDE), uma vez que o retorno do investimento será atingido através da poupança gerada pelo projecto, que é quantificada através de metodologias de medição e verificação (M&V) de desempenho energético. Portanto, durante um determinado período de tempo, definido como prazo de contrato, a ESCO será remunerada por um valor financeiro intrínseco à poupança de energia gerada pelo projecto. A intervenção da ESCO nas instalações da entidade adjudicante pode assim ser suspensa ou prolongada caso este pretenda renovar um contrato de exploração ou manutenção do sistema.

5.1.2 O mercado ESCO

O mercado ESCO é bastante abrangente. Os EUA sempre lideraram este mercado com um número significativo de empresas ESCO e com um maior volume de negócios neste tipo de projectos (Ürge-Vorsatz, 2007). Na União Europeia o desenvolvimento do mercado ESCO não é uniforme, destacando-se países como a Alemanha, França, Reino Unido e Itália dos restantes, no que respeita ao número de empresas deste tipo. Entre 2007 e 2010, assistiu-se a um forte crescimento de alguns mercados, nomeadamente o dinamarquês, o sueco e romeno. Em menor extensão, registou-se também um crescimento na Espanha, Itália e França. Contudo, este mercado revela uma tendência comum: um crescimento lento; resultante, em parte e na maioria dos casos, da crise e da recessão económica, bem como, da desconfiança inicial face a um modelo inovador. Outros factores têm contribuído para o desenvolvimento do mercado, entre os quais, a maior consciência ambiental, as recentes alterações ao nível do enquadramento legislativo que visam a poupança de energia, um melhor desempenho

¹ Entidade adjudicante refere-se à entidade que contrata a ESCO, ou seja, o cliente.

energético dos edifícios, aliadas ao lançamento de incentivos financeiros para a reabilitação energética do parque edificado, tanto no sector privado como no sector público. Existem outros países que revelam potencial para implementar com sucesso o conceito ESCO, tais como, Portugal e Grécia (Bertoldi P. M. A., 2010).

A Tabela 1 apresenta o número de ESCO de alguns países (incluindo somente as ESCO que promovem EPC (*energy performance contract*)), baseado em resultados do projecto *Change Best* e do relatório do JRC "*Energy Services Companies Market in Europe - Status Report 2010*".

Tabela 1 - Número de ESCO por País

País	Nº de ESCO
EUA	60
Brasil	20-30
Alemanha	10-15
Reino Unido	20
França	10-15
Portugal	10
Espanha	5-10
Áustria	7
Itália	7
Dinamarca	8-10
Suécia	5-10
Grécia	2

Em Portugal este mercado é mais focalizado nos consumidores intensivos de energia. Existem cerca de 10 ESE em actividade, que promovem CDE, bem como outras empresas de consultoria envolvidas em auditorias energéticas e ambientais e na elaboração de planos de racionalização de energia. Os EPC são ainda raros em Portugal e podem ser estabelecidos com base em poupanças garantidas ou poupanças partilhadas, de acordo com os riscos acordados pela entidade adjudicante. A liberalização do mercado de energia em 2006 poderia ter sido uma alavanca para os serviços de energia, uma vez que o comercializador poderia incluir no seu pacote de ofertas os contratos EPC, promovendo assim a eficiência energética e influenciando positivamente a fidelidade do consumidor. Contudo o mercado dos serviços de energia em larga escala não está bem desenvolvido em Portugal e só agora está a emergir. A actividade das ESCO está mais relacionada com a geração de energia do que com o uso final de energia, porque os incentivos têm sido mais atractivos para o fornecimento de energia através de fontes renováveis (Fonseca, 2009).

O lançamento do programa Eco.Ap pode ser uma alavanca para este sector, visto que define o enquadramento legal para o modelo ESE. No âmbito deste programa foi aprovado um sistema de qualificação de empresas de serviços energéticos (SQESE) que é da responsabilidade da DGEG, tal como disposto no Despacho Normativo nº12/2012. No início de 2012 encontravam-se pré-registadas cerca de 100 empresas, no entanto, só as empresas com uma certa capacidade financeira e qualidade técnica podem assumir o título de ESE. É também de referir, que em 2011 foi criada a APESE (Associação Portuguesa para as Empresas de Serviços Energéticos) que já conta com sete empresas associadas, e tem como objectivo dar mais credibilidade a este sector e servir de interface entre o mercado e as autoridades (APESENERGIA, 2011).

5.1.3 Contrato de Desempenho Energético

O Contrato de Desempenho Energético (CDE), designado internacionalmente por EPC (*energy performance contract*), existe quando uma empresa do tipo ESCO é contratada para melhorar a eficiência energética de uma instalação e, com as economias de energia alcançadas remunera os capitais investidos no projecto. Desta forma, a entidade adjudicante beneficia de equipamentos de

energia novos ou mudanças nas suas instalações que visem a redução dos seus consumos energéticos, sendo que a ESE é directamente remunerada através das poupanças atingidas pela redução desse consumo, determinadas de acordo com uma periodicidade temporal acordada entre as partes.

A ESE assume os riscos técnicos e de desempenho energético associados ao projecto e garante um certo nível de poupança. Caso se obtenha uma poupança energética acima do valor proposto pela ESE, esta pode ser partilhada ou reverter na totalidade para a entidade adjudicante ou para a ESE, dependendo das condições contratuais. No final do período de contrato estabelecido as economias de energia revertem para a entidade adjudicante.

Para além de um modelo de financiamento, um CDE acaba por ser um programa de medidas práticas de eficiência energética que devem ser aplicadas com o intuito de promover uma poupança real de energia nos sistemas ou instalações.

O contrato CDE visa estabelecer um consórcio entre a ESE e a entidade adjudicante de maneira a que estas interajam em prol de alcançar os seus objectivos. A regulação deste contrato geralmente pode ter problemas relacionados com o direito de propriedade, o uso de sistemas e a duração do consórcio. Adicionalmente é estipulado uma estrutura e o valor do investimento, bem como a garantia de manutenção das medidas de eficiência energética a ser implementadas.

Caso a entidade adjudicante contrate uma ESE fiável e experiente considera-se que um CDE não transmite qualquer risco para esta. A ESE garante que as poupanças energéticas são medidas, verificadas e quantificadas e, por consequência todos os riscos técnicos e operacionais poderão ser transferidos para a ESE. Actualmente, pesquisas independentes na área da energia mostram que são poucas as medidas implementadas em edifícios e que se desperdiçam muitas oportunidades de poupança de energia (European Association of Energy Services Companies, 2011).

A Figura 10 mostra as várias fases de um CDE, representando os consumos de energia antes, durante e após um contrato deste tipo, bem como, a respectiva repartição de custos em consumos de energia evitados durante e após o CDE.

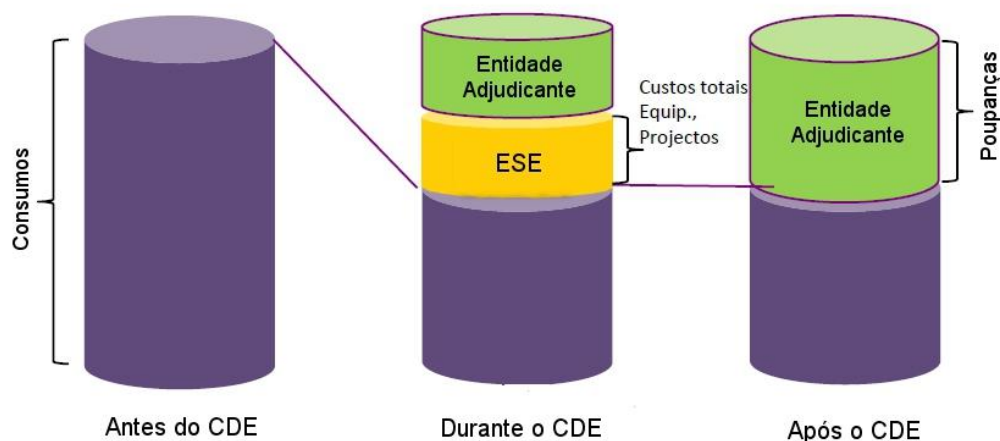


Figura 10 - Fases de um contrato de desempenho energético (baseado em APESE, 2011)

Os serviços de uma ESE normalmente incluem:

- A realização de uma auditoria, normalmente uma auditoria detalhada (*Detailed Energy Assessment* [DEA] ou *Investment Grade Audit* [IGA]);
- Estabelecer uma *baseline* de consumo de energia para equipamentos específicos, sistemas ou toda a instalação;
- Oferecer formação e informação aos utilizadores da instalação;
- Operação e manutenção dos equipamentos durante o período de contrato;

- Realização de procedimentos de M&V de desempenho energético, para determinar a poupança real, oferecendo garantias de desempenho energético do projecto.

Sob um CDE, os custos em consumos de energia evitados alcançados podem ser partilhados entre a ESE e a entidade adjudicante através de um pré-arranjo percentual acordado, designando-se esta modalidade de poupanças partilhadas. Outra modalidade que se pode adoptar é a de poupanças garantidas, na qual os custos em consumos de energia evitados são garantidos pela ESE à entidade adjudicante, independentemente das poupanças de energia alcançadas. Existem várias formas de definir a modalidade contratual de um CDE, no âmbito do programa Eco.Ap o modelo definido pode ser considerado “híbrido”, misturando o conceito de poupanças partilhadas e de poupanças garantidas.

A Figura 11 apresenta a estrutura típica de um projecto ESCO. Note-se que existem acordos separados entre a entidade adjudicante, a ESE e o financiador. A relação entre o financiador e a ESE pode ser indirecta, essencialmente pelo benefício do financiador poder avaliar o fluxo de poupanças garantidas. Num contrato deste tipo pode ser a ESE a recorrer ao financiador, sendo responsável pelo financiamento, ou ser a entidade adjudicante a recorrer ao financiador. No âmbito do programa Eco.Ap, a ESE é a responsável pelo financiamento. O financiador aqui entende-se genericamente como qualquer instituição financeira que presta fundos de capital para projectos.

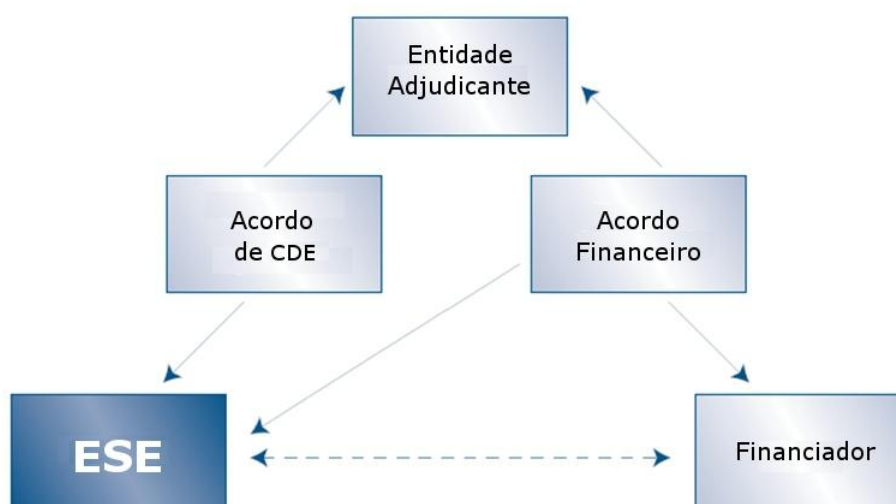


Figura 11- Relação entre a entidade adjudicante, a ESCO e o financiador (baseado em AEPCA, 2000).

A metodologia adoptada por um CDE difere dos contratos tradicionais, uma vez que um CDE é baseado essencialmente em resultados. Desta forma, uma ESE procura a eficiência e a fiabilidade de desempenho para oferecer garantias de contrato.

A Figura 12 compara as vantagens dos contratos CDE em relação aos contratos tradicionais. Tal como se pode observar, o CDE, se for bem gerido, apresenta uma maior rapidez de implementação com um maior potencial de poupança, conduzindo a uma melhoria contínua e a um maior desenvolvimento de poupanças.

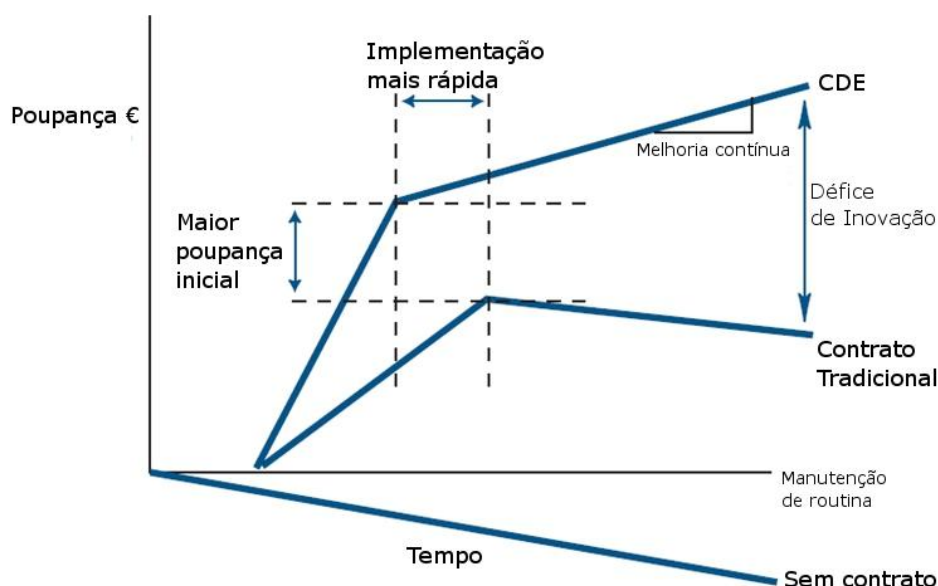


Figura 12 - Vantagens de um EPC em relação a um contrato tradicional (baseado em AEPCA, 2000)

As condições típicas de contrato são entre quatro a dez anos, um período relativamente longo mas necessário para alcançar as economias de energia garantidas e cobrir o reembolso de capital e todos os custos de projecto (AEPCA, 2000).

No âmbito do programa Eco.Ap, a modalidade contratual a adotar estipula que a ESE terá que garantir, no mínimo, 15% de poupanças em relação à *baseline* de consumo e, dessa percentagem garantida e contratualizada, a ESE terá que garantir à entidade adjudicante, pelo menos 20%. Caso as economias de energia excedam o valor garantido e contratualizado pela ESE, estas deverão ser partilhadas entre ambas as partes. Tendo em conta os pressupostos supracitados, o modelo contratual definido para o programa Eco.Ap entende-se como uma mistura dos conceitos de poupanças garantidas e de poupanças partilhadas, ou seja, a ESE garante à entidade adjudicante um certo nível de poupança, independentemente das economias de energia que conseguir alcançar, e caso as economias de energia ultrapassem o valor contratualizado, estas serão partilhadas entre ambas as partes.

5.1.4 Modos de Financiamento

Existem três modos de financiamento de projectos deste tipo: financiamento por terceiros, financiamento pela ESE e financiamento por parte da entidade adjudicante.

O financiamento por terceiros (TPF) consiste no financiamento da dívida do projecto por parte de uma terceira entidade, como por exemplo uma instituição financeira, e não por parte da ESE ou da entidade adjudicante. O objectivo é que a ESE garanta uma poupança de energia suficiente para cobrir o pagamento da dívida, nos termos de contrato. As economias de energia garantidas pela ESE reduzem assim o risco de reembolso da entidade financeira, o que tem uma influência positiva na taxa de juros.

O financiamento do projecto por parte da ESE entende-se por financiamento por meios internos desta e pode envolver o uso de capital próprio ou financiamento através de terceiros (dívida ou outras formas de empréstimo). A ESE raramente opta pelo financiamento a partir de capital próprio, pois pode limitar a sua capacidade de implementação de projectos deste tipo. Normalmente o financiamento envolve recursos internos da entidade adjudicante ou fundos monetários que são sustentados nas economias de energia garantidas pela ESE.

As fontes de financiamento da entidade adjudicante podem também estar associadas com empréstimos, normalmente associados a linhas de crédito existentes.

Segundo Bleyl & Schinnerl, (2008), as possibilidades de financiamento para os prestadores de serviços energéticos podem concretizar-se através de:

- Crédito ou empréstimo bancário, os custos de crédito envolvem taxas, tais como, taxas de juro, taxas administrativas, taxas legais e reembolso do capital.
- *Leasing*, consiste na existência de um intermediário entre o fornecedor de equipamento e o utilizador do mesmo. O utilizador obriga-se a entregar uma renda periódica ao intermediário.
- *Cession and forfeiting*, transfere créditos futuros (por exemplo, taxas de contratos de desempenho energético) da ESE para terceiros. Vendendo o “fluxo financeiro” de um futuro projecto a uma instituição financeira pode ajudar a superar alguns dos problemas do balanço actual e partilhar os riscos do projecto de acordo com a capacidade financeira do parceiro em causa.

É expectável que com o desenvolvimento deste mercado apareçam novas formas de financiamento, mais adequadas para as ESE, assim como *Project finance*, que consiste em recorrer a uma entidade financeira que disponibiliza um conjunto de serviços, incluindo o desenvolvimento de um modelo financeiro e a optimização da estrutura de financiamento, na identificação e gestão/alocação dos diversos riscos inerentes ao projecto, bem como na negociação de soluções de parcerias, de forma a assegurar o sucesso das operações. (Fonseca, 2009).

5.1.5 A importância da medição e verificação da poupança energética em Contratos de Desempenho Energético

A remuneração da ESE está directamente relacionada com as economias de energia obtidas, tal como descrito anteriormente. Consequentemente, a ESE terá de medir e verificar o uso da energia e os custos de projecto durante o período de vigência do contrato, previamente estabelecidos, de forma a determinar a poupança energética associada às medidas preconizadas no âmbito do CDE. A poupança energética é estimada a partir da comparação entre o consumo medido antes e depois da implementação de um programa ou medida de racionalização de consumos de energia, caso ocorram alterações nas condições de referência após a implementação das medidas deve-se ter conta um conjunto de condições que permitam ajustar os consumos, reportando a poupança energética de forma mais adequada e precisa.

Desta forma, para avaliar a poupança de energia acordada entre a ESE e a entidade adjudicante, durante o período de contrato, é adoptado um procedimento de medição e verificação do desempenho energético do projecto. Com base em protocolos de medição e verificação do desempenho energético (como por exemplo: IPMVP, ASHRAE, FEMP, etc.) as entidades envolvidas no CDE garantem uma quantificação da poupança energética (em custos ou consumos evitados), independentemente da influência de factores determinantes nos consumos de energia, tais como, variáveis climáticas e o grau de utilização do edifício ao longo do tempo (AEPCA, 2000).

5.2 Auditoria Energética

A auditoria de energia tem como principal objectivo a avaliação do desempenho energético de uma instalação. Este é um dos principais recursos para uma boa gestão de energia, tendo como base alguns indicadores de energia. Em linhas gerais, uma auditoria deve indicar o consumo de energia actual de uma instalação, desagregar por principais consumidores de energia, identificar medidas de melhoria de desempenho energético e definir acções prioritárias (Thumann, 2008).

A auditoria de energia é definida como uma inspecção sistemática e análise do uso de energia e consumo de energia de um local, edifício ou instalação, sistema ou empresa com o objectivo de identificar os fluxos de energia e as potenciais melhorias de eficiência energética e reportar essa informação (EN 16247-1, 2012).

A metodologia seguida no desenvolvimento de uma auditoria energética depende fortemente dos recursos e características técnicas da equipa auditora e do elemento responsável pela sua coordenação. O custo da auditoria é influenciado pela quantidade de dados a ser recolhidos e analisados. O custo da auditoria é influenciado pela dimensão/complexidade dos sistemas a analisar (quantidade de dados a ser recolhidos e analisados) e pelos requisitos/objectivos da auditoria, estabelecidos à partida (grau de profundidade das análises e metas a alcançar).

5.2.1 Tipos de auditoria

O nível de complexidade, a quantidade de detalhe e os recursos técnicos necessários para realizar uma auditoria podem variar, desde uma abordagem geral ao desempenho energético de um sistema ou instalação a uma análise exaustiva e detalhada de determinados sistemas de energia. As auditorias não têm limites claramente definidos, no entanto, existem categorias gerais que descrevem o nível de detalhe e o tipo de análise esperado. Com o objectivo de definir essas categorias a ASHRAE desenvolveu as seguintes descrições (ASHRAE, 2003):

Nível I – Walk-Through Assessment (WTA): consiste na avaliação do custo de energia e da eficiência de um edifício através da análise das facturas energéticas e de um breve levantamento ao edifício. Esta categoria de auditoria pode também anteceder uma auditoria detalhada, servindo como recolha de dados e informação relevante, caso a quantidade de medidas de melhoria de desempenho energético identificadas justifiquem o desenvolvimento no campo da auditoria. Este nível de auditoria fornece uma estimativa preliminar dos custos e das poupanças energéticas de medidas de baixo custo.

Nível II – Energy Survey and Analysis: inclui uma análise mais detalhada ao edifício e aos seus sistemas de energia, quantificando os consumos e as perdas de energia. Esta análise normalmente recorre a medições e testes feitos no local, de maneira a avaliar a utilização final de energia e a desagregar os principais consumidores de energia. São aplicadas metodologias para calcular as eficiências e estimar as poupanças energéticas e económicas, de acordo com as medidas de melhoria previstas para cada sistema ou equipamento. É necessária também a apresentação de um relatório técnico que descreva as medidas de melhoria de desempenho energético propostas e a análise económica associada às mesmas.

Nível III – Detailed Analysis of Capital- Intensive Modifications: este nível centra-se em projectos com um elevado potencial de investimento, que sejam identificados durante o nível II. Este nível exige um maior grau de detalhe durante a recolha e análise de dados, de forma, a fornecer um custo de projecto detalhado e estimar uma poupança energética com um alto nível de confiança, que seja suficiente para tomar decisões importantes de investimento de capital.

Na Tabela 2 estão listados os nomes mais comuns de auditorias e como estes podem ser classificados segundo os níveis propostos pela ASHRAE.

Tabela 2 - Lista de nomes mais comuns de Auditorias e correspondentes níveis (ASHRAE, 2003)

ASHRAE – Nível I e II	ASHRAE – Nível III
Preliminary Energy Assessment (PEA) Walk-Through Assessment (WTA)	Detailed Energy Assessment (DEA) Investment Grade Audit (IGA) Utility Assessment Report (UAR)

5.2.2 Processo de auditoria

Com base no trabalho desenvolvido no âmbito do caso de estudo a que se refere o presente documento e na consulta de bibliografia especializada (Thumann, 2008) identificam-se quatro fases distintas durante uma auditoria: avaliação preliminar, trabalho de campo, tratamento de dados e elaboração do relatório de auditoria.

A **avaliação preliminar** é bastante importante para caracterizar a instalação. Esta fase deve organizar toda a informação útil sobre a instalação e pode incluir uma visita prévia, permitindo também reunir um conjunto de dúvidas e questões específicas a esclarecer durante a visita à instalação. No que se refere ao sector dos edifícios a informação a recolher e a analisar deve incluir: dados das facturas energéticas de dois ou três anos consecutivos; plantas técnicas e dados técnicos do edifício; plantas de cada piso; informação técnica de todos os equipamentos AVAC e iluminação, horários de ocupação e funcionamento de equipamentos. Ainda nesta fase o auditor pode identificar um conjunto de potenciais medidas de racionalização do consumo de energia (MRCE), de modo a orientar o sentido da avaliação das mesmas nas fases subsequentes.

O **trabalho de campo** consiste numa inspecção ao estado actual do edifício e dos seus equipamentos e às condições de utilização da energia, e servirá também para responder a algumas questões específicas que tenham surgido na avaliação preliminar. O período de tempo necessário para esta visita depende da quantidade e da complexidade da informação recolhida, do tipo de edifício e sistemas, da necessidade de testes e monitorização de equipamentos. Desta forma, o trabalho de campo deve incluir um conjunto de medições, registos e análises que deverão permitir:

- Elaborar um inventário de todo o equipamento existente no edifício (iluminação, AVAC e outros equipamentos);
- Caracterizar os equipamentos produtores e consumidores de energia, quanto ao seu consumo, produção e à sua eficiência energética;
- Monitorizar dados relativos ao consumo de energia, uma vez que estes dados são importantes para documentar as condições existentes e identificar eventuais problemas e questões no âmbito da análise energética;
- Realizar testes no local (de maneira a obter diagramas de carga, balanços energéticos, balanços mássicos, ciclos de funcionamento, indicadores de desempenho).

Existem outros passos importantes para tornar este trabalho mais eficaz, tais como: rever os perfis de consumo de energia, discutir aspectos da instalação difíceis de observar (horários de ocupação, operação e práticas de manutenção) e planos futuros que possam ter um impacto no consumo de energia; deve-se confirmar se houve alterações estruturais em relação à planta do edifício, bem como mudanças na localização de equipamentos (sistema de iluminação, AVAC ou outros) e dados de projecto (temperaturas interiores, condições de operação e outras observações). Durante a visita deve-se observar os equipamentos afectos às MRCE preliminares e analisar possíveis problemas associados à sua implementação, bem como preconizar medidas adicionais. Em anexo (anexo I, Tabela 15) pode-se consultar os vários tipos de instrumentação normalmente utilizados numa auditoria energética.

O **tratamento de dados** é uma fase necessária e bastante importante na elaboração de um plano de racionalização de energia. Nesta fase o auditor precisa de avaliar toda a informação recolhida nas fases anteriores e analisar as potenciais MRCE preconizadas nas fases precedentes. A exequibilidade das MRCE deve ser analisada tendo em conta aspectos técnicos e económicos. A representatividade da auditoria deve ser avaliada e os indicadores de eficiência energética calculados, bem como definir as devidas metodologias de ajuste. Toda a informação recolhida referente ao edifício deve ser tratada e organizada (em tabelas, gráficos, fotos, descrições de construção, etc.), ficando disponível para consulta de futuros trabalhos.

A última fase será a **elaboração do relatório de auditoria**, este deve apresentar toda a informação (recolhida e tratada) de forma organizada e coerente, incluindo a caracterização energética e as recomendações de melhoria do desempenho energético. Na elaboração deste relatório deverá ser considerado que a auditoria energética constitui um instrumento fundamental para o início de um processo continuado de gestão da energia na empresa auditada.

5.3 Metodologias de medição e verificação do desempenho energético

No presente capítulo aborda-se genericamente um dos protocolos de medição e verificação (M&V) mais utilizados actualmente e reconhecido internacionalmente, denominado por IPMVP (*International Performance Measurement and Verification Protocol*). No âmbito do programa Eco.Ap, os planos de M&V a definir pelos concorrentes devem estar em conformidade com o IPMVP. Desta forma, as metodologias de M&V preconizadas no âmbito do caso de estudo, a que se refere o presente documento, são também baseadas neste protocolo.

Existem outros protocolos sobre M&V, de entre os quais se destacam os seguintes:

- ASHRAE *Guideline 14 – 2002 Measurement of Energy and Demand Savings*, este é dos documentos mais técnicos de M&V e é referenciado pelo IPMVP e por maior parte dos documentos de M&V.
- *M&V Guidelines: Measurement and Verification of Federal Energy Projects* (FEMP), este documento foi elaborado para o programa de gestão energética federal (FEMP) do Departamento de energia dos EUA e aproxima-se bastante do IPMVP.

5.3.1 Introdução ao IPMVP

O IPMVP é um documento publicado pela EVO (*Efficiency Valuation Organization*) que visa promover a eficiência energética, o consumo eficiente de água e apoiar projectos de engenharia na área das energias renováveis. A EVO é uma organização sem fins lucrativos que se dedica apenas à criação de ferramentas de M&V, promovendo o desenvolvimento e o recurso da eficiência para um mercado global e permitindo um melhor investimento nestas oportunidades.

Este protocolo tem como finalidade fornecer métodos para avaliar o desempenho energético, com diferentes níveis de custo e exactidão, e determinar poupanças para toda a instalação ou para medidas individuais de racionalização do consumo de energia (MRCE). O IPMVP sugere um plano de medição e verificação (plano M&V) de acordo com os princípios gerais de M&V admitidos internacionalmente. Este documento é aplicável a um grande conjunto de instalações incluindo edifícios novos, edifícios já existentes e instalações industriais.

O IPMVP é um protocolo utilizado internacionalmente em programas de eficiência energética desde os finais da década de 90. Este pode ser adoptado por entidades públicas ou privadas ajudando-as a atingir os seus objectivos ambientais e a aumentar a fiabilidade das poupanças reportadas. A adesão ao IPMVP segue boas práticas, originando uma maior garantia, rigor e confiança na determinação dos níveis de poupança (energética e financeira), criando condições para o desenvolvimento de contratos de desempenho energético (CDE) e facilitando a negociação entre a entidade adjudicante e a ESE. Os relatórios de poupança, que aderem ao IPMVP, são reconhecidos internacionalmente, valorizando assim os resultados de M&V (EVO, 2009).

5.3.2 Conceitos fundamentais de M&V

A poupança representa a ausência de consumo de energia portanto não pode ser medida directamente. Assim sendo, esta é estimada a partir da comparação entre o consumo medido antes e depois da implementação de um programa ou medida de racionalização de consumos de energia, ajustando estes parâmetros caso ocorram modificações nas condições de referência durante o período de reporte. O consumo medido antes da implementação de uma MRCE é designado por *consumo de referência* e o consumo medido depois da implementação da medida é designado por energia medida no *período de reporte*. O *consumo de referência ajustado* indica a quantidade de energia no *período de referência*, antes da implementação da MRCE, ajustado às condições do *período de reporte*.

A Figura 13 representa o histórico do consumo de energia de um determinado equipamento antes e depois da implementação de uma MRCE. No *período de reporte* registou-se uma alteração numa *variável independente* (a produção). Desta forma, a determinação da poupança ou “*consumo de energia evitado*” é calculada com base na diferença entre o *consumo de referência ajustado* às condições de produção registadas durante o *período de reporte* e o consumo de energia medido durante o *período de reporte*.

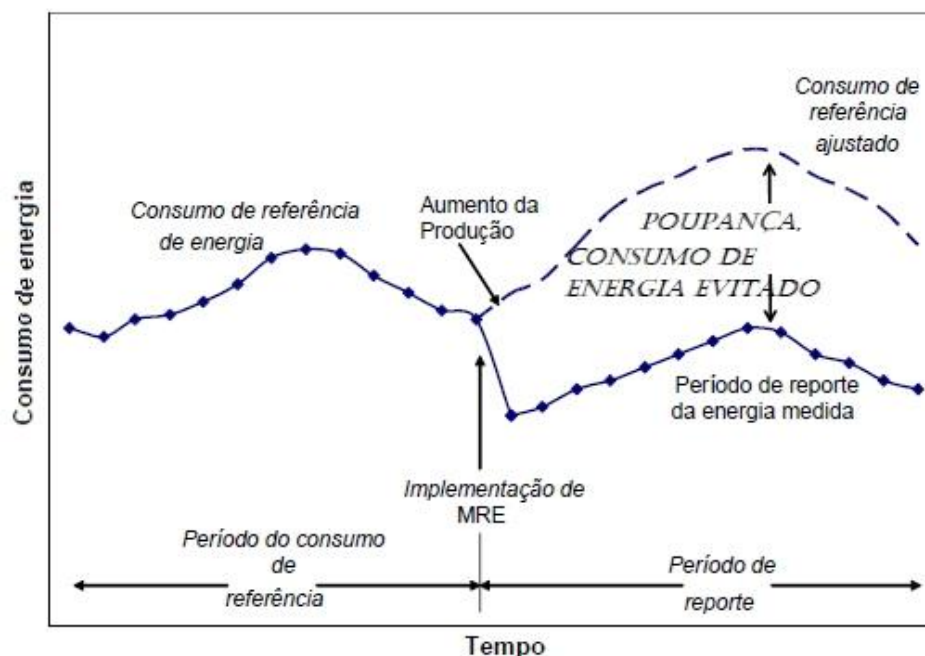


Figura 13 - Perfil do consumo de energia antes e depois da implementação de MRCE (EVO, 2009)

A poupança é determinada através da seguinte equação (1) geral (EVO, 2009):

$$\text{Poupança} = ((\text{Consumo ou Procura de Referência} - \text{Consumo ou Procura do Período de Reporte}) \pm \text{Ajustes}) \quad (1)$$

- **Fronteiras de medição**

A *fronteira de medição* pode ser considerada um limite imaginário em torno do sistema afecto à MRCE. Esta depende dos objectivos de M&V a reportar e do número de medições a realizar. Quando se pretende determinar apenas a poupança afecta a um equipamento, deve-se definir uma *fronteira de medição* em torno desse equipamento. Caso o objectivo seja determinar a poupança de toda a instalação, a *fronteira de medição* deve englobar toda a instalação.

Quaisquer efeitos energéticos que possam ocorrer fora da fronteira de medição são designados de “efeitos interactivos”. Estes devem ser estimados de maneira a determinar a poupança. Caso sejam ignorados, devem ser discutidos e incluídos no plano de M&V.

- **Seleccção dos períodos de medição**

O período de tempo a estabelecer para o *consumo de referência* e para o *período de reporte* deve ser bem ponderado, garantido um certo equilíbrio com o grau de incerteza que se pretende obter e os custos de M&V.

O *período do consumo de referência* deve ser definido de maneira a que represente todos os modos de funcionamento da instalação, incluindo o consumo máximo e mínimo de energia da instalação. Deve-se determinar um período de tempo suficiente para compreender o perfil energético da instalação e determinar a duração de um ciclo normal de funcionamento, identificando todos os factores, fixos e variáveis, que influenciam o consumo de energia.

O *período de reporte* deve ser seleccionado de acordo com a duração de um ciclo normal de funcionamento da instalação para representar e reportar com exactidão as poupanças obtidas em todos os modos de funcionamento normais. O *período de reporte* pode ir de uma medição instantânea a um ou dois anos de duração, dependendo da natureza das MRCE. A duração dos procedimentos de M&V, durante a vida útil das MRCE, é influenciada pela probabilidade de degradação da poupança inicialmente obtida ao longo do tempo. Caso uma MRCE possa ser facilmente instalada e desinstalada, a poupança pode ser medida imediatamente através de medições pontuais e com períodos de referência e de reporte seleccionados.

- **Bases para ajustes**

O termo *ajustes* mostrado anteriormente na equação (1) é determinado a partir de factores, fixos e variáveis, que afectam o consumo de energia da instalação ou equipamento dentro da *fronteira de medição*. Existem dois tipos de ajuste: os *ajustes periódicos* para factores em que se espera que mudem periodicamente (*variáveis independentes*) durante o *período de reporte*, tais como, o clima ou taxa de produção, e os *ajustes não-periódicos* para factores em que não se espera que mudem frequentemente (*factores estáticos*), tais como a dimensão da instalação, concepção e funcionamento de equipamento instalado, características intrínsecas do edifício ou tipo de ocupação.

- **Tipos de Poupança**

O sistema de ajustes depende também do tipo de poupança a ser reportado. Existem dois tipos de poupança: quando a poupança é reportada sob as condições do período de reporte é designada por *consumo de energia evitado*, neste caso o período do *consumo de referência* é ajustado às condições do *período de reporte*, quantificando assim a poupança durante o *período de reporte* em relação ao consumo de energia que se teria sem as MRCE; quando a poupança é reportada sob condições comuns fixas (ou normais) é designada por *poupança normalizada*, e as condições usadas podem ser as do período do *consumo de referência*, ou de outro período arbitrário, partindo de condições reais a um conjunto seleccionado de condições típicas e comuns para os dois períodos.

5.3.3 Opções do IPMVP

O IPMVP sugere quatro opções possíveis de medição e verificação do desempenho energético para determinar a *poupança* (opções A, B, C e D). A escolha da opção mais adequada depende do objectivo a reportar. Se o objectivo for o de reportar a poupança a nível de toda a instalação, as opções C ou D são as mais indicadas. Se o objectivo for o de reportar apenas a poupança da própria MRCE, então as opções A, B ou D podem ser as mais apropriadas, fornecendo técnicas de medição isoladas para a MRCE. A Tabela 3 apresenta um quadro-resumo das várias opções de M&V.

Tabela 3 - Quadro-resumo das opções de M&V (Kummer, 2011)

Nome Comum	Descrição	Exemplo	Opção IPMVP
Medição Isolada da MRCE: medição dos parâmetros chave	Poupança é calculada a partir de uma única MRCE; Parâmetros principais são medidos; alguns parâmetros são estimados; medições pontuais ou contínuas;	Substituição das lâmpadas T8 e balastros ferromagnéticos por lâmpadas T5 e balastros electrónicos. A poupança é obtida multiplicando o número de lâmpadas/balastros instalados pela diferença de potência entre as originais e as novas lâmpadas (medida), e pelas horas anuais de operação (estimadas);	A
Medição Isolada da MRCE: medição de todos os parâmetros	Poupança é calculada medindo todos os parâmetros afectos à MRCE; medições a curto prazo ou contínuas;	Mudança do horário de operação de um ventilador. A poupança é determinada através da medição pontual ou contínua da potência do ventilador vezes a diferença entre as horas de operação medidas antes e depois da mudança de horário	B
Toda a instalação	Poupança é determinada pela medição do consumo de energia para toda a instalação. Um modelo de regressão é usado para determinar o consumo de referência; Medições contínuas;	Implementação de medidas de eficiência energética para a envolvente, AVAC e iluminação. A poupança é obtida pela diferença entre as facturas energéticas antes e depois das MRCE, ajustada com base em modelação de dados meteorológicos reais e coincidentes com o mesmo período de facturação.	C
Simulação Calibrada	Poupança é determinada a partir da simulação do consumo de energia para toda a instalação ou para medidas individuais. Software apropriado é usado para prever o consumo antes e depois das medidas.	Implementação de um projecto de eficiência energética na concepção de um edifício novo. Modelos de simulação calibrada são usados para determinar as economias.	D

A selecção da opção de M&V é uma decisão tomada pelo técnico de M&V e que depende do tipo de projecto, análises, orçamentos e avaliação profissional do mesmo. A Figura 14 mostra um esquema lógico de como se deve seleccionar a melhor opção de M&V.

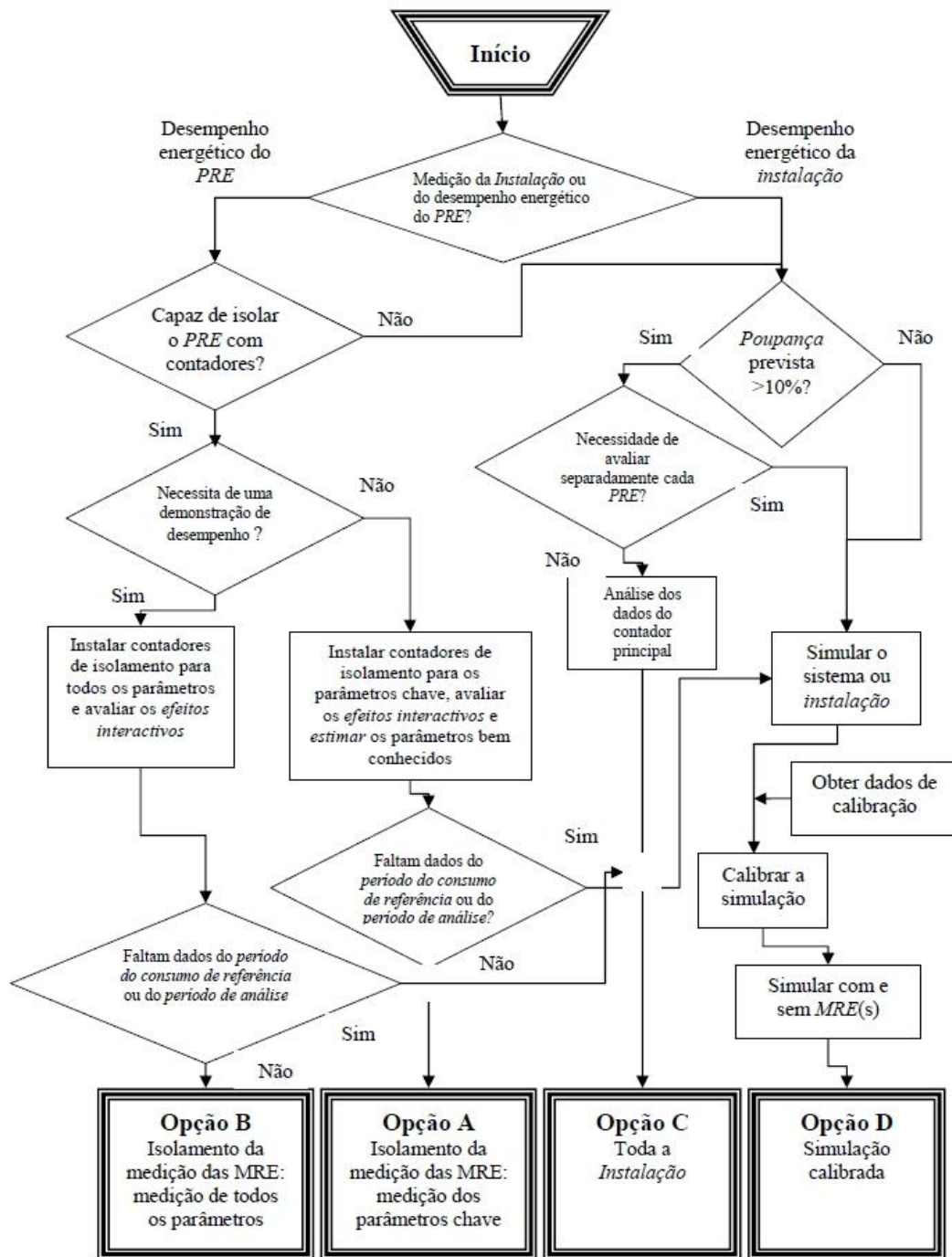


Figura 14 - Processo simplificado da selecção da melhor opção de M&V (EVO, 2009)

5.3.4 Plano M&V

O plano M&V consiste num conjunto de metodologias e especificações que têm por objectivo a determinação, de um modo seguro, da poupança real de energia gerada através da implementação de uma ou mais MRCE. Este deve ser desenvolvido enquanto as MRCE estão a ser concebidas de maneira a:

- Incluir o custo de M&V quando se avaliar economicamente o projecto;
- Registrar a metodologia e os dados do período de referência para o cálculo da poupança, enquanto as condições de referência são ainda mensuráveis.

A concepção do plano M&V e o reporte de informação devem incidir de acordo com as necessidades do utilizador. Desta forma, deve-se reunir todos os dados inerentes ao período do *consumo de referência* e ao *período de reporte* de maneira a que estes possam ser consultados no futuro e permitam elaborar um plano M&V de acordo com os objectivos do utilizador e com o intuito de calcular e reportar as “poupanças” a atingir em conformidade com as condições de contrato.

O conteúdo de um plano M&V deve incluir: o objectivo de cada MRCE e o seu impacto nas condições de funcionamento; fronteiras de medição e efeitos interactivos; consumo/procura de referência; identificação das variáveis independentes e condições estáticas (dentro da fronteira) durante o período de referência; definir o período de reporte e condições padrão para ajustes; a opção mais adequada (A, B, C ou D) com o método exacto de cálculo; tarifário de energia a ser usado; pontos de contagem, especificações e procedimentos; procedimentos para a garantia e qualidade; custos esperados e precisão; formatos e frequência dos relatórios de M&V.

A adesão a um plano M&V tem como principais objectivos:

- Maximizar a poupança de energia;
- Documentar transacções financeiras;
- Viabilizar o financiamento para projectos de eficiência;
- Melhorar projectos de engenharia, funcionamento e manutenção da instalação;
- Gerir orçamentos energéticos;
- Aumentar o valor dos créditos de redução de emissão;
- Apoiar a avaliação de programas de eficiência energética;
- Aumentar a compreensão do público acerca da gestão de energia enquanto ferramenta de política pública.

5.3.5 Custos de M&V

Os custos de M&V são influenciados por uma série de factores e de acordo com o tipo de projecto em causa. Devido à grande variabilidade de projectos deste tipo, a EVO não fornece estimativas de custos por opção. Todavia, com base num estudo realizado pelo Departamento de Energia dos EUA em sede do programa federal de gestão de energia (FEMP), estima-se que os custos médios de M&V variem entre os 3-5% do custo total de projecto. O IPMVP refere que os custos de M&V não devem ultrapassar os 10% do valor monetário da poupança a ser avaliada, devendo, manter-se em valores próximos dos 5%.

A Tabela 4 mostra os custos percentuais de cada opção do IPMVP em relação ao custo total de um projecto, baseado num estudo realizado pela NAESCO.

Tabela 4 - Custos de M&V por opção (Langlois, 2009)

Opção IPMVP	% do custo total de projecto
A	1 - 5%
B	3 - 10%
C	1 - 3% (se os contadores já existirem)
D	3 - 10%

De acordo com Langlois (2009), os factores que influenciam o nível de M&V e o seu respectivo custo são os seguintes:

- Opção do IPMVP seleccionada;
- Duração do período de referência e de reporte;
- Complexidade das MRCE;
- Número e a complexidade das variáveis independentes a serem usadas;
- Valor das poupanças do projecto;
- Complexidade e quantidade de equipamento de medição;
- Efeitos interactivos entre os sistemas consumidores;
- Nível de incerteza desejado;
- Partilha de risco de economias entre o cliente e a ESE;
- Disponibilização e capacidade do sistema de gestão de energia;

5.3.6 Boas práticas de M&V

A preparação e a elaboração cuidada de todo o processo de M&V salvaguardam o nível de poupança a atingir e a sua fiabilidade, assim como reduzem os riscos e os custos de financiamento. O processo de medição e verificação (M&V) é bastante importante e deveria fazer parte integrante de qualquer projecto de eficiência energética. Através deste é determinado, de forma disciplinada e transparente, o nível de precisão, a quantidade e confiança das poupanças obtidas. Desta forma, este processo deverá ser rigoroso e seguir as melhores práticas.

De acordo com os objectivos e restrições do projecto, deve ser encontrado um equilíbrio entre o custo de M&V e a incerteza da poupança. Devem também ser tomadas acções preventivas e correctivas, caso ocorram problemas imprevistos durante o processo de M&V. Todo este processo deve ser verificado para garantir que foi implementado tal como o planeado.

O plano de M&V inicial deve ser elaborado durante a fase de definição do projecto e, em seguida, ser aperfeiçoado progressivamente até que todas as partes estejam de acordo com o plano. Os princípios de gestão e de qualidade devem ser usados para gerir a independência e a verificabilidade dos resultados de poupança e de M&V.

Os planos M&V devem ser definidos para suportar mais custos do que é necessário para garantir um nível adequado de certeza e aceitabilidade nas poupanças reportadas, de acordo com o orçamento global do projecto. A incerteza global da poupança reportada tem em conta erros de medição, erros de amostragem e erros de estimativa. Melhorar o nível de precisão normalmente aumenta os custos de M&V, pelo que, o melhor balanço entre a precisão e o custo deve ser encontrado, salvaguardando assim o risco associado (AEPCA, 2004).

6. Caso de estudo – Edifício do Campus do LNEG

No presente capítulo apresenta-se o caso de estudo aplicado a um dos edifícios potencialmente abrangíveis pelo programa Eco.Ap, o edifício principal do Campus do LNEG, em Alfragide.

De forma a identificar potenciais incoerências e questões críticas constantes nos modelos propostos para o programa Eco.Ap, este estudo foi realizado em conformidade com o Caderno de Encargos e para o Programa de Procedimento Tipo do programa Eco.Ap (versões colocadas para consulta pública em Março de 2012).

Simulando a actuação de uma ESE este estudo inclui uma auditoria energética ao edifício com o objectivo de identificar potenciais medidas de racionalização de consumos de energia (MRCE). A análise efectuada foca-se apenas no sistema de iluminação do edifício, analisando as medidas propostas e a exequibilidade da sua implementação. Tendo em conta as MRCE identificadas é seleccionada a melhor metodologia de M&V e é proposto um plano de M&V.

6.1 Auditoria energética

Nesta secção resume-se parte da auditoria energética realizada ao edifício, entre o dia 24 de Janeiro e 2 de Fevereiro de 2012. O período de referência foi o ano de 2011.

Esta auditoria enquadra-se numa avaliação preliminar dos consumos de energia do edifício em causa, solicitada pelo conselho directivo do LNEG, que foi realizada pela equipa técnica do LNEG. Desta forma, este estudo incluiu a participação e colaboração na auditoria energética realizada, com vista à preconização de MRCE e análise da aplicabilidade do programa Eco.Ap, em sede deste caso de estudo específico.

6.1.1 Caracterização do edifício

O Campus do LNEG localiza-se em Alfragide (Lat: 38.731745; Long.: -9.211460) e é composto por dois edifícios: o edifício social (refeitório) e o edifício principal.

Para presente estudo o edifício alvo foi o edifício principal do Campus do LNEG. Este é um edifício de serviços, e está dividido em seis pisos: os pisos -1 e -2, para armazéns, alguns gabinetes e laboratórios; o piso 0, para hall de entrada /recepção, um auditório, uma biblioteca e alguns gabinetes; os pisos 1,2 e 3 são constituídos essencialmente por gabinetes e por alguns laboratórios. Este edifício tem uma área bruta de 4 522 m² e uma área de útil de 14 574 m².

6.1.2 Caracterização da situação de referência

As formas de energia associadas ao edifício são a energia eléctrica e a energia térmica. A energia térmica é utilizada maioritariamente durante o período da estação de aquecimento (cerca de 6 meses), associada ao consumo de gás propano de uma caldeira de água quente, que alimenta os sistemas de climatização afecto à maior parte do edifício. Durante o período da estação de arrefecimento, a climatização é feita por *chillers* que são alimentados por energia eléctrica. Para o presente estudo só se considerou a análise feita aos consumos de energia eléctrica, visto que posteriormente apenas se irá analisar os consumos do sistema de iluminação.

A Figura 15 apresenta a evolução mensal dos consumos globais de energia e emissões de CO_{2e}, associadas ao Campus de Alfragide em 2011. Neste período o campus consumiu um total de 942 MWh (*consumo de referência*), divididos em 228 MWh de energia térmica e 714 MWh de energia eléctrica, a que se associa a emissão de 387 tCO_{2e} para a atmosfera. Para efeitos de cálculo considerou-se os factores de conversão de 0,47 kg CO_{2e}/kWh e 0,227 kg CO_{2e}/kWh, para electricidade e para o propano, respectivamente (Portal ERSE).

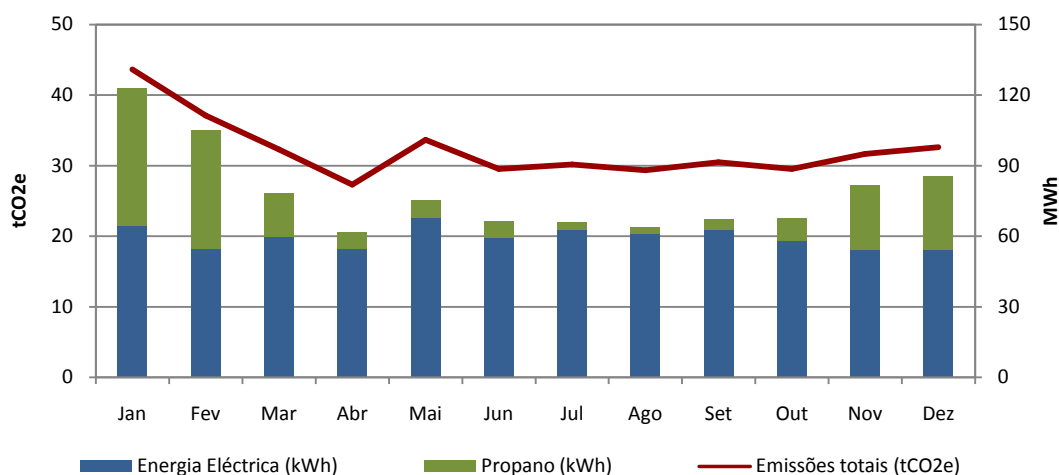


Figura 15- Evolução mensal dos consumos globais e emissões de CO_{2e} associadas, em 2011.

6.1.3 Consumos de energia eléctrica

O fornecimento de energia eléctrica é assegurado pela EDP, mediante um contrato de Média Tensão e tipo de tarifa tetra-horária, com a modalidade de ciclo diário. A potência instalada é de 1260 kVA e a potência contratada é de 585,90 kW.

Para o ano de referência de 2011, verifica-se que o campus de Alfragide consumiu um total de 714.164 kWh, a um custo médio de 0,085 €/kWh (energia activa).

A Figura 16 mostra a distribuição mensal dos consumos de energia eléctrica e a sua evolução durante o ano de referência, por classe tarifária. Tal como se pode observar, verifica-se alguma uniformidade na distribuição de consumos, nomeadamente nos compreendidos em períodos horários de “vazio” e super-vazio”.

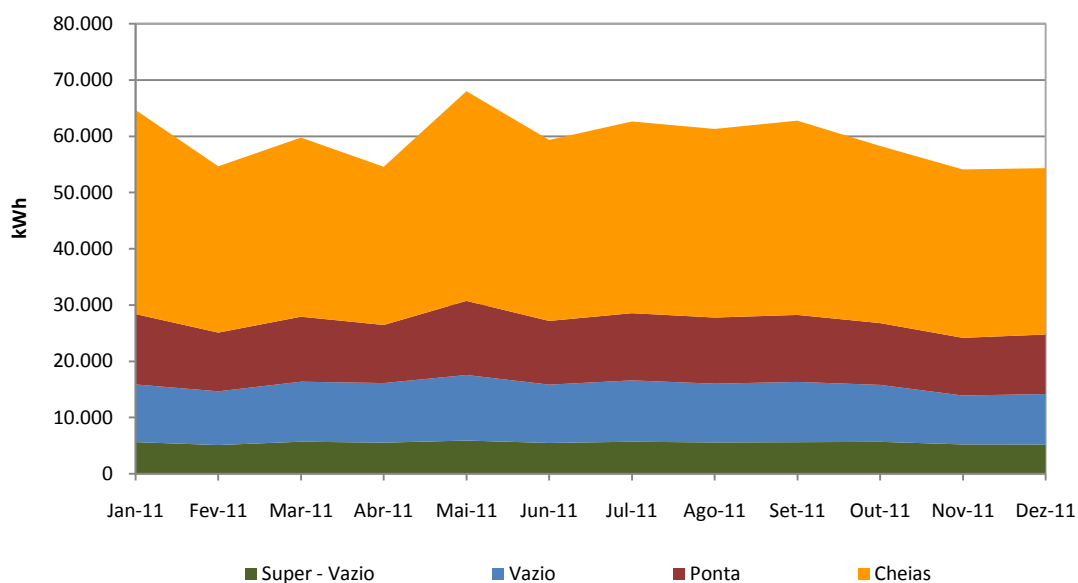


Figura 16- Distribuição mensal dos consumos de energia eléctrica, por classe tarifária (2011)

É de referir que, verifica-se um peso significativo dos consumos de “vazio” e “super-vazio”, pois estes correspondem a consumos nocturnos, fora do horário de expediente do edifício. Note-se que para horários de “super-vazio” (entre as 2:00 e as 6:00) a potência média absorvida situou-se próxima dos 45,3 kW, o que se revela um valor muito elevado, relativamente ao que seria expectável numa primeira análise. As potências médias absorvidas em períodos de “vazio”, “ponta” e “cheia”, foram de, 56,1 kW, 93,6 kW e 106,4 kW, respectivamente.

A Figura 17 apresenta a distribuição anual dos consumos por classe tarifária, em valores de MWh e percentagem.

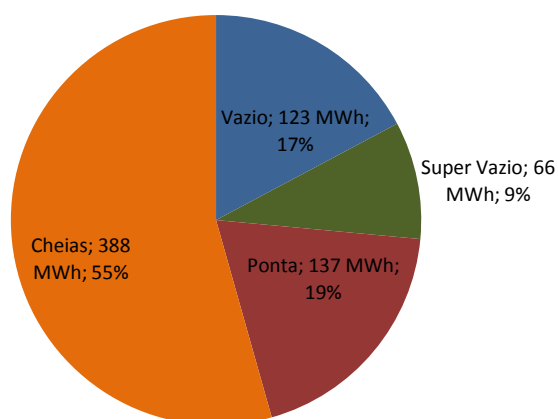


Figura 17 – Distribuição anual dos consumos por classe tarifária, valores em MWh e %

Durante o período auditado, de maneira a obter um perfil de carga do ciclo normal de funcionamento do edifício e a estimar a desagregação dos consumos de energia eléctrica, procedeu-se da seguinte forma:

- Monitorização dos consumos registados nos Quadros Gerais de Baixa Tensão identificados como “QGBT1” e “QGBT2”, na semana compreendida entre a 00:00 de dia 24 de Janeiro de 2012 e a 00:00 de dia 31 do mesmo mês, perfazendo assim uma semana completa;
- Monitorização dos consumos registados nos principais quadros parciais, afectos aos diferentes pisos, sistemas AVAC e Edifício Social (monitorizou-se o quadro do Edifício Social para desagregá-lo do Edifício Principal), durante 24 horas de um dia útil compreendido na semana supracitada;
- Medições instantâneas nos diversos disjuntores dos quadros parciais, em horário de expediente.

O quadro geral “QGBT1”, alimenta os quadros parciais de todos os pisos afectos ao edifício, incluindo toda a iluminação interior, tomadas e parte do sistema AVAC (ventiloconvectores). O quadro geral “QGBT2” alimenta todo o sistema AVAC (UTAs, ventilação de extracção, bombas de circulação, *chillers* – durante o período de arrefecimento), iluminação exterior e edifício social (refeitório).

A Figura 18 apresenta o diagrama de carga monitorizado nos quadros “QGBT1” e “QGBT2”, durante a semana auditada (entre a 0:00 de 24 de Janeiro e a 0:00 de 31 de Janeiro de 2012), para um intervalo de integração de dados de um minuto. O consumo registado neste período foi de 13.241 kWh (a uma potência média absorvida de 78,8 kW).

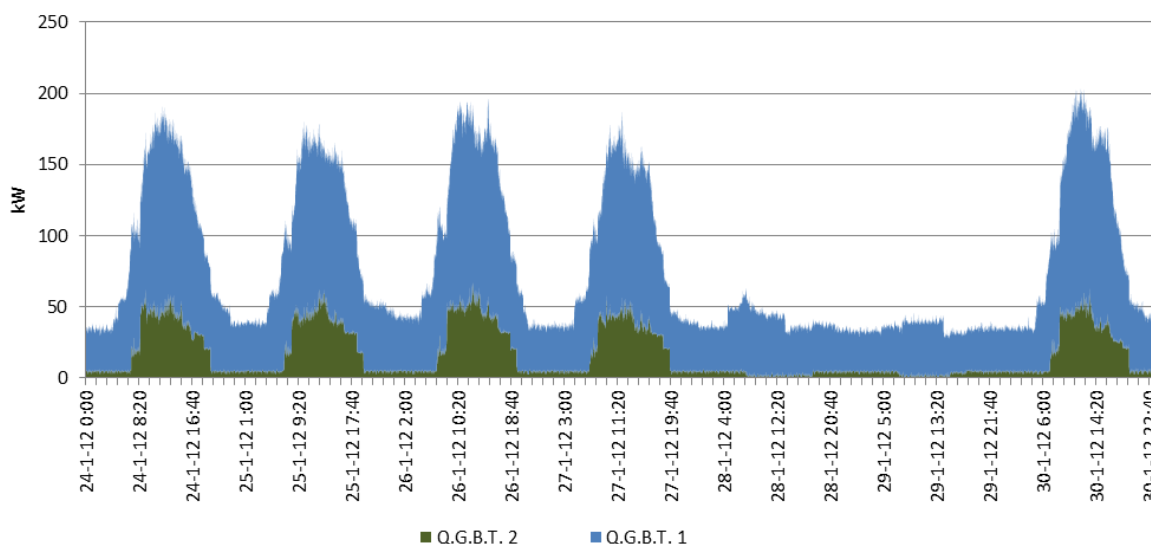


Figura 18 – Diagrama de carga dos QGBT's na semana auditada (valores acumulados)

O consumo médio de um dia útil foi de 2.276 kWh (potência média absorvida de 94,8 kW) e o consumo médio de um dia não útil foi de 905 kWh (potência média absorvida de 37,7 kW). Extrapolando os valores obtidos para um valor mensal (assumindo o mesmo número de dias úteis e dias não úteis de Janeiro de 2011) obtêm-se um valor próximo dos 58,6 MWh, 12,1% inferior ao valor registado no mês homólogo do ano anterior e 4,5% inferior ao valor médio mensal de 2011 (59,5 MWh). É de referir que, mais de 90% dos consumos registados fora do horário de expediente (fim de semana e períodos nocturnos) observam-se no quadro geral “QGBT1”, verificando-se que maior parte destes consumos são provenientes do sistema de iluminação ou tomadas.

A Figura 19 representa a comparação dos diagramas de carga de cada um dos dias monitorizados. Como se pode verificar, o perfil de carga dos dias úteis são bastante idênticos (o desvio padrão dos valores médios registados para os 5 dias em causa foi apenas de 96,0 kWh) e os mesmos não apresentam decréscimos significativos no consumo de energia eléctrica durante o período de almoço (contrariamente ao que seria expectável para edifícios de serviços).

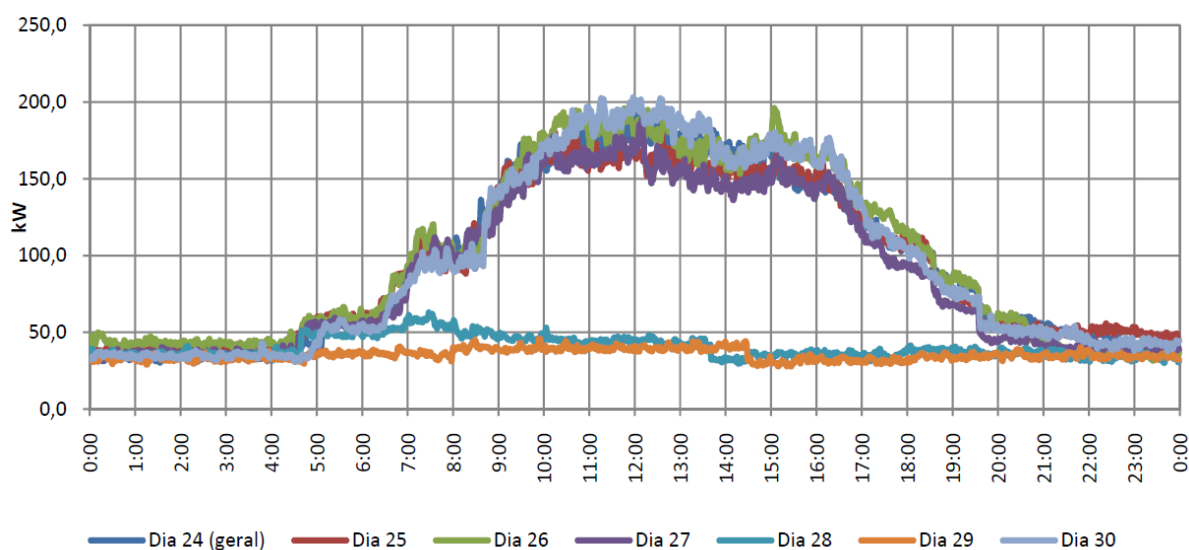


Figura 19 – Diagrama de carga do quadro geral de distribuição (24 horas)

6.1.4 Desagregação dos consumos de energia eléctrica

Através da monitorização, em dias úteis e durante 24 horas, dos quadros parciais que estão associados aos quadros gerais “QGBT1” e QGBT2”, conseguiu-se obter uma estimativa para a desagregação dos consumos eléctricos por cada quadro parcial.

A Figura 20 apresenta a estimativa de desagregação de consumos de energia eléctrica em dia útil por quadro parcial. Tal como já referido anteriormente, o “QGBT1” é responsável por alimentar todos os quadros parciais afectos aos pisos do edifício e o “QGBT2” é responsável por alimentar os quadros parciais do sistema AVAC e do edifício social (refeitório).

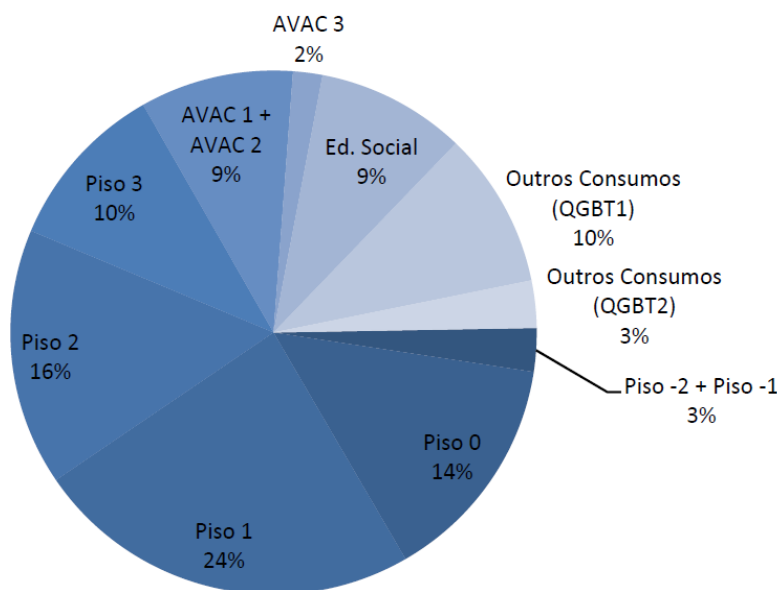


Figura 20 - Desagregação dos consumos de energia eléctrica (semana auditada)

Analisando a Figura 20, verifica-se que o consumo associado aos pisos do edifício (essencialmente associado a consumos do sistema de iluminação e equipamentos de escritório) representam cerca de 64% dos consumos globais de energia eléctrica no período auditado. Os consumos associados ao sistema AVAC (UTAs, bombas de circulação e ventilação, uma vez que a energia térmica produzida neste período tem como fonte o gás propano) são responsáveis por apenas 11% dos consumos de energia eléctrica. O edifício social (refeitório) representa apenas 9%. Os valores atribuídos a “outros consumos”, no caso do “QGBT1”, deverão estar associados à UPS. No caso do “QGBT2”, deverão estar, de forma muito significativa, associados à iluminação exterior.

A partir de medições pontuais realizadas aos disjuntores dos quadros parciais, durante o horário de expediente, conseguiu-se obter uma estimativa da desagregação de consumos de energia eléctrica do edifício principal, associada aos três principais sistemas consumidores (Iluminação, AVAC e Outros). A Figura 21 mostra a estimativa da desagregação da potência média absorvida em horário de expediente no edifício principal.

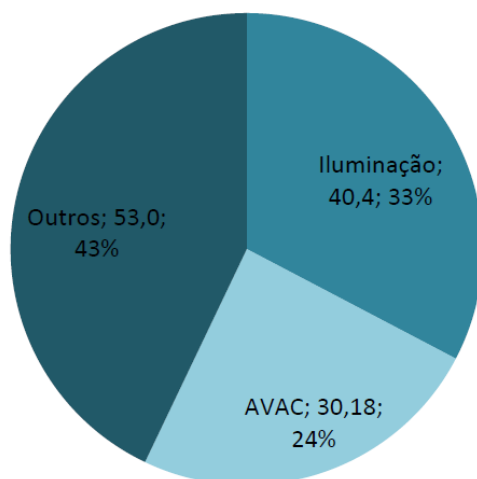


Figura 21 - Desagregação da potência média absorvida em horário de expediente (valores em kW e %)

6.2 Caracterização do sistema de iluminação

Nesta secção apresenta-se uma breve descrição do sistema de iluminação do edifício. Para tal, realizou-se um inventário a todo o sistema de iluminação (incluindo todos os tipos de divisão e tipos de iluminação). Os horários de utilização do sistema de iluminação são bastante variáveis, dependendo do tipo de divisão e do tipo de utilizadores, para este efeito, os horários foram estimados tendo em conta as informações recolhidas a diferentes funcionários e utentes do edifício. Um teste de iluminância foi requerido para determinar se os níveis de luminosidade estavam de acordo com os níveis recomendados.

6.2.1 Inventário do sistema de iluminação

O inventário do sistema de iluminação foi realizado apenas ao edifício principal e à iluminação interior. Esta é constituída maioritariamente por lâmpadas fluorescentes tubulares do tipo T8 em zonas de circulação, gabinetes e laboratórios. As WC's têm um sistema de iluminação composto por lâmpadas fluorescentes compactas. A maioria das luminárias é equipada com balastos ferromagnéticos, o que aumenta o consumo das lâmpadas em cerca de 25% e diminui o tempo de vida das mesmas, comparativamente a lâmpadas equipadas com balastro electrónico (Osram, 2012). As luminárias existentes em gabinetes, laboratórios e hall de entrada têm armadura para duas lâmpadas e as luminárias das zonas de circulação têm armadura para uma lâmpada. Estas luminárias estão encastradas no tecto falso e possuem um difusor em acrílico liso opalino que tem a função de homogeneizar os níveis de iluminação em todo o espaço, contudo limita consideravelmente a intensidade luminosa emitida (menos eficiente do que grelhas reflectoras). Em anexo, pode-se consultar de forma mais detalhada o inventário ao sistema de iluminação (anexo II, Tabela 16).

A Figura 22 mostra a estimativa de desagregação da potência instalada em iluminação por tipo de divisão. A potência instalada tem em conta a potência das lâmpadas incluindo o tipo de balastro instalado. Como se pode observar, os gabinetes são o tipo de divisão com maior potência instalada em iluminação, cerca de 40% do total do edifício. A utilização deste recurso é feita de forma frequente por parte dos respectivos utentes. O armazém tem também um peso significativo, cerca de 17% em potência instalada, no entanto este tipo de divisão é utilizado esporadicamente. O sistema de iluminação das zonas de circulação é utilizado diariamente e de forma ininterrupta durante o horário de expediente, representando aproximadamente 8% da potência instalada em todo o edifício.

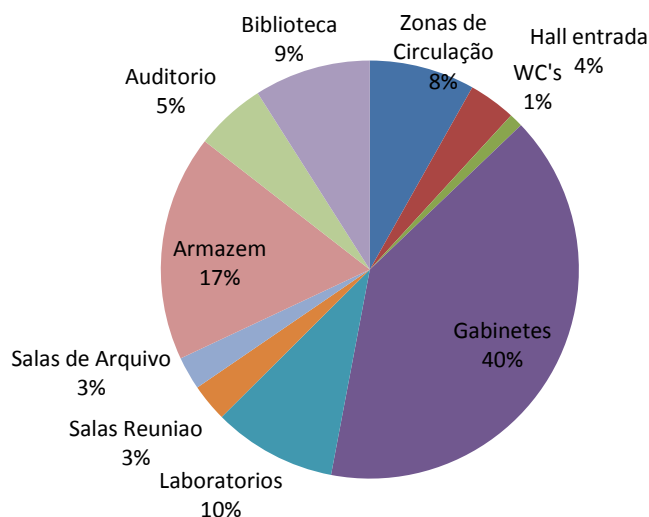
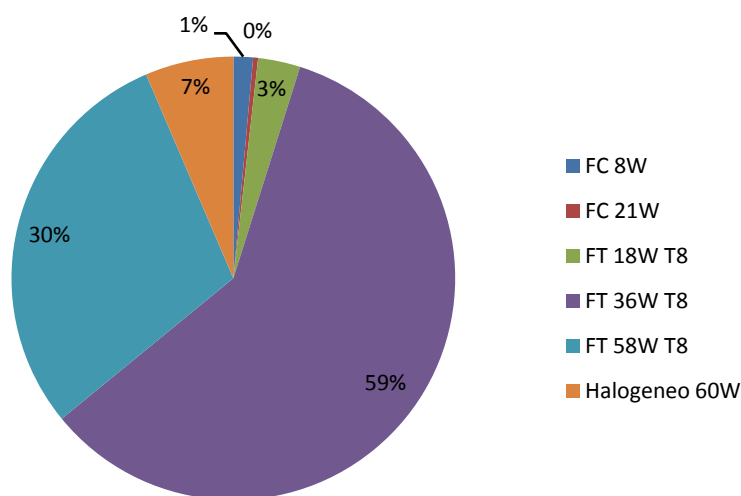


Figura 22 – Desagregação da potência instalada (incluindo balastros) por tipo de divisão (%)

As lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 36W representam mais de metade da potência instalada em iluminação, próximo de 59%, seguindo-se as lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 58W, que representam cerca de 30%, tal como ilustra a Figura 23.



Legenda: FC - Fluorescente Compacta; FT - Fluorescente Tubular;

Figura 23 - Desagregação da potência instalada por tipo de Lâmpada

6.2.2 Estimativa de Consumos

Os consumos do sistema de iluminação foram estimados tendo em conta a potência instalada (incluindo balastros) em cada tipo de divisão e o perfil de utilização dos mesmos. A Tabela 5 fornece as estimativas dos horários de utilização de cada divisão e o factor de utilização associado a cada espaço. Os horários de utilização foram definidos a partir da informação recolhida a vários utentes e funcionários do edifício. Os factores de utilização do sistema de iluminação foram estimados tendo em conta o número de lâmpadas em operação, durante o período auditado, e em informações dadas por diferentes utilizadores do edifício.

Tabela 5 - Estimativas dos períodos de utilização do sistema de iluminação

Tipo de Divisão	Horário de Utilização	Horas/dia	%Lâmpadas em Operação	% Divisões Ocupadas	%Utilização Semanal (dias úteis)	% Factor de Utilização (dia útil)	% Factor de Utilização (dia não útil)
Zonas de Circulação	5h - 20h	15	85%	100%	100%	93%	30%
WC's	5h - 20h	15	36%	100%	100%	68%	10%
Laboratórios I	9h -13h	4	13%	50%	80%	32%	5%
Laboratórios II	9h - 17h	8	48%	50%	80%	49%	5%
Laboratórios III	9h - 13h	4	48%	50%	80%	49%	5%
Gabinetes (Piso -2 e -1)	9h - 17h	8	59%	100%	100%	80%	10%
Gabinetes (Piso 0)	5h 18h	13	72%	100%	100%	86%	10%
Gabinetes (Piso 1 e 2)	9h - 17h	8	63%	70%	100%	67%	10%
Gabinetes (Piso 3)	9h - 17h	8	36%	100%	100%	68%	0%
Salas de Reunião	-	3	0%	100%	20%	50%	0%
Biblioteca	9h - 18h	9	86%	100%	100%	93%	0%
Auditório	9h - 17h	8	0%	100%	20%	50%	0%
Entrada/recepção	5h - 24h	19	100%	100%	100%	100%	80%

Devido à falta de informação e meios para estimar os consumos do sistema de iluminação durante os períodos nocturnos (compreendidos entre a 0:00 e as 5:00), assumiu-se, com base numa visita nocturna ao edifício e verificação da iluminação que estava em funcionamento, que esta seria responsável por cerca de 15% do consumo médio de um dia não útil monitorizado no quadro “QGBT1” durante esses períodos. O consumo médio em iluminação durante um dia útil (entre as 5:00 e a 0:00) foi estimado tendo em conta a potência instalada, o número de horas de operação e o factor de utilização para cada tipo de divisão. O consumo médio de um dia não útil foi estimado tendo em conta os períodos de utilização de cada tipo de divisão e um factor de utilização estimado para dias não úteis. Estima-se que o consumo médio de um dia útil seja próximo dos 637 kWh (potência média absorvida de 26,5 kW) e que o consumo médio de um dia não útil seja cerca de 137 kWh (potência média absorvida de 5,7 kW). Extrapolando os últimos valores para um valor médio anual (assumindo o número de 22 dias úteis e 8 dias não úteis para cada mês) e tendo em conta a percentagem de utilização semanal de cada tipo de divisão, obtêm-se um consumo médio anual próximo dos 168 MWh. A Figura 24 representa a estimativa do diagrama de carga médio do sistema de iluminação para um dia útil e um dia não útil.

É de referir que, o consumo médio de um dia útil estimado para o sistema de iluminação (cerca de 637 kWh) representa cerca de 28% do consumo médio de um dia útil monitorizado nos quadros gerais do edifício (cerca de 2.276 kWh). Este valor encontra-se bastante próximo do valor estimado de 33% para o sistema de iluminação obtido através da desagregação de consumos do edifício principal (Figura 21).

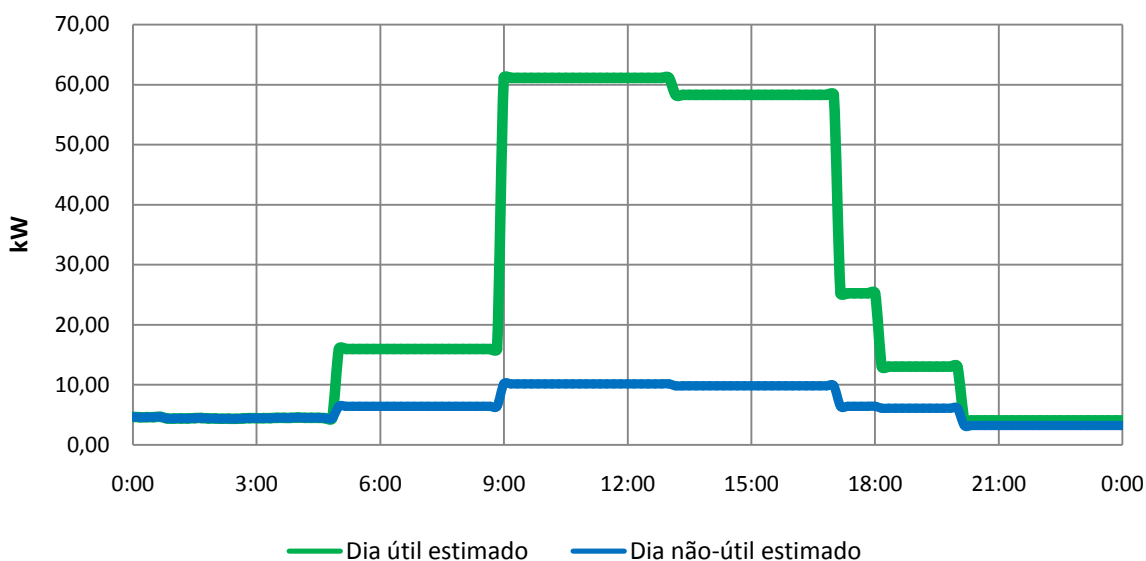


Figura 24 - Diagrama de carga estimado para o sistema de iluminação (24 horas)

6.2.3 Teste de iluminância

Foi realizado um teste de iluminância aos locais mais relevantes do edifício, nomeadamente aos locais de maior representatividade das diversas situações em estudo (em termos de perfil de utilização e equipamentos instalados), de maneira a identificar possíveis situações de ineficiência energética. Este teste foi realizado no dia 8 de Março, da parte da manhã. As condições exteriores eram de céu limpo. Para tal, utilizou-se um luxímetro e mediram-se os níveis de iluminação na envolvente e no local de trabalho de cada divisão, colocando o aparelho ao nível do plano de uso (a cerca de 0,8 m do chão). Os locais foram avaliados tendo em conta a orientação da fachada, e o grau de influência da iluminação natural. Foram medidos vários locais do mesmo tipo, de maneira a obter uma amostra homogênea e representativa. Na maioria dos locais verifica-se que a luz artificial é utilizada ininterruptamente durante o horário de trabalho e que a iluminação natural se encontra, no geral, convenientemente aproveitada, embora se revele insuficiente. Foi utilizado como referência os valores recomendados pela norma EN 12464 (considerou-se o nível de iluminação na envolvente como “suficiente” sempre que a razão entre o valor de lux monitorizado na envolvente e o valor adoptado como recomendado no local de trabalho foi superior a 0,5) (Staff, 2004). A Tabela 6 apresenta os valores obtidos para cada um dos tipos de divisão analisados (os valores em causa resultam de uma média de vários valores obtidos para a mesma área de estudo), assim como, uma indicação da sua aceitabilidade face aos valores de referência. Da análise dos valores obtidos verifica-se que na maioria dos locais de trabalho (gabinetes, laboratórios e biblioteca) os níveis de iluminação são insuficientes. Somente para locais na fachada exterior e com orientação a Sul ou a Este, os níveis de iluminação atingem os valores recomendados, devido à forte contribuição da iluminação natural. Face a estes resultados, foi questionada aos utentes do edifício a sua satisfação em relação ao seu conforto visual. Os dados obtidos revelaram que, genericamente, não se regista uma insatisfação face aos níveis de iluminação actuais. Os níveis de iluminação obtidos para zonas de circulação, nomeadamente corredores, encontram-se na sua maioria dentro dos valores recomendados.

É de notar, que a maior parte do sistema de iluminação existente, nomeadamente nos locais de trabalho, pode estar em fim de vida útil. As luminárias existentes não são das mais eficientes, pois o seu difusor em acrílico opalino inibe a intensidade luminosa emitida, além de acumularem sujidade. Todos estes factores podem ser uma razão para os baixos níveis de iluminância obtidos.

Tabela 6 - Teste de iluminância

Tipo de Divisão	Orientação/Fachada	Nível de iluminação (Lux) - valor medido			Valor Recomendado (Lux)	Iluminação na envolvente	Iluminação no posto de trabalho
		na envolvente (pto médio da sala)	no posto de trabalho (mais perto da janela)	no posto de trabalho (mais distante da janela)	EN 12464		
Gabinete (2 pessoas)	Sul/Fachada exterior	490	1200	530	500	Suficiente	Suficiente
	Norte/Fachada exterior	230	260	190	500	Insuficiente	Insuficiente
	S/luz natural	100	140	-	500	Insuficiente	Insuficiente
Gabinete (mais de 2 pessoas)	Este/Fachada exterior	450	850	380	500	Suficiente	Suficiente
	Norte/Fachada exterior	150	400	150	500	Insuficiente	Insuficiente
	S/luz natural	96	130	-	500	Insuficiente	Insuficiente
Laboratório	Sudoeste/Fachada exterior	315	1000	510	500	Suficiente	Suficiente
	Nordeste/Fachada exterior	290	410	380	500	Insuficiente	Insuficiente
	Este/Fachada interior	240	370	290	500	Insuficiente	Insuficiente
	S/luz natural	190	250	-	500	Insuficiente	Insuficiente
Auditório	S/luz natural	60	140	-	300	Insuficiente	Insuficiente
Biblioteca	Este/Fachada interior	160	420	250	500	Insuficiente	Insuficiente
	S/luz natural	80	160	-	500	Insuficiente	Insuficiente
Zonas de Circulação (Corredores)	S/luz natural	50	100	-	100	Suficiente	Suficiente
Zonas de Circulação (Escadas)	S/luz natural	40	100	-	150	Insuficiente	Insuficiente
WC's	S/luz natural	40	100	-	200	Insuficiente	Insuficiente
Entrada Principal	Norte/Fachada exterior	80	110	85	100	Suficiente	Suficiente

6.3 Medidas de racionalização do consumo de energia

Nesta secção apresentam-se as propostas preliminares para a melhoria do desempenho energético do sistema de iluminação interior do edifício em estudo. As medidas foram idealizadas e preconizadas tendo em consideração os resultados apresentados nos pontos precedentes e critérios de exequibilidade técnica e financeira, bem como os níveis de satisfação e conforto dos utilizadores do edifício.

É de referir, que a exequibilidade técnica das medidas propostas foi convenientemente avaliada, nomeadamente no que se refere a aspectos de segurança e compatibilização com as estruturas pré-existent. A avaliação de outras zonas do edifício (tais como, armazéns, salas de reunião, salas de arquivo e auditório) também foi realizada, no entanto, esta mostrou que a aplicação deste tipo de medidas (afectas ao sistema de iluminação) era inviável financeiramente, devido aos baixos períodos de utilização (diminutas economias de energia e elevados períodos de retorno do investimento).

6.3.1 Apresentação das propostas preliminares

De acordo com a cláusula 5.^a do caderno de encargos, as economias de energia, expressas em kWh, propostas pela ESE não devem ser inferiores a 15% face à *baseline* (*consumo de referência*). Neste projecto, a proposta de economia de energia é cerca de 10% em relação à *baseline*, ou seja, não cumpre com os requisitos mínimos requeridos. Contudo, este é um estudo que apenas incide sobre o sistema de iluminação e que não tem como objectivo atingir esses requisitos. Caso este projecto incluísse a análise a outros sistemas consumidores, seria expectável que a meta dos 15% fosse ultrapassada.

Em termos globais estima-se que este projecto permita uma poupança anual de energia na ordem dos 89.576 kWh, reduzindo cerca de 53% do consumo de energia da iluminação interior do edifício. Relativamente ao consumo de energia global do Campus do LNEG no ano de referência (em 2011), estima-se uma redução do consumo de energia próxima dos 10%.

MRCE 1 - Substituição do sistema de iluminação existente nas zonas de circulação por iluminação LED mais eficiente

Substituição das luminárias equipadas com uma lâmpada fluorescente tubular T8 de 36W por luminárias do tipo LED com potência de 13,5W. Esta medida permite reduzir significativamente os consumos de iluminação em zonas de circulação, nas quais a iluminação opera cerca de 15 horas por dia, ininterruptamente. As lâmpadas LED têm também um tempo médio de vida útil superior às lâmpadas fluorescentes tubulares, cerca de 50 mil horas em oposição às 12 mil horas das fluorescentes tubulares.

Os níveis de iluminação foram simulados para o novo sistema tendo em conta as mesmas dimensões e condições do local, bem como a mesma localização das luminárias. A simulação foi feita para certificar que esta medida irá manter os níveis de iluminação requeridos e as condições adequadas à circulação dos utentes no edifício. O valor obtido encontra-se de acordo com o valor recomendado pela norma EN 12464 para locais do mesmo tipo. A Figura 25 mostra os níveis médios de luminosidade (em Lux) no plano de uso, obtidos através de simulação luminotécnica no *software DiaLux*.

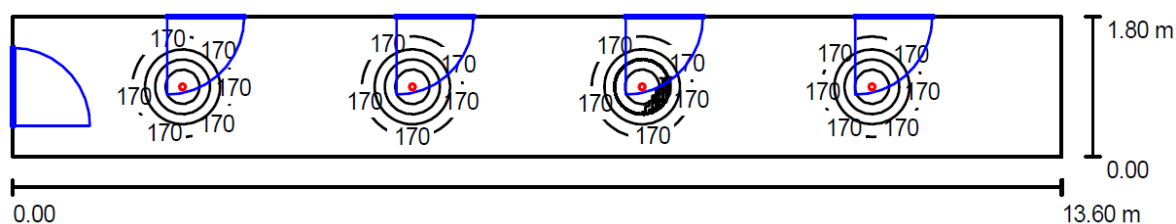


Figura 25- Simulação luminotécnica de um corredor com o novo sistema de iluminação.

Esta medida permite uma poupança de energia anual na ordem dos 22.518 kWh, reduzindo cerca de 62% do consumo de energia em iluminação nas zonas de circulação. Em anexo pode-se consultar as características do novo sistema de iluminação (anexo III, Tabela 20).

MRCE 2 - Substituição das luminárias equipadas com lâmpadas T8 existentes nos gabinetes, por luminárias mais eficientes equipadas com lâmpadas T5 e alteração dos controlos do sistema de iluminação

Esta medida consiste em substituir as luminárias menos eficientes, existentes em gabinetes, por luminárias mais eficientes, permitindo assim reduzir a potência instalada em iluminação. As luminárias menos eficientes correspondem a todas as luminárias que possuem um difusor em acrílico liso opalino e que são equipadas com balastros ferromagnéticos. As novas luminárias possuem uma grelha reflectora parabólica em alumínio, o que permite aumentar os níveis de luminosidade e a eficiência de todo o sistema. Em luminárias com armadura de duas lâmpadas, é apenas necessário um balastro electrónico por cada duas lâmpadas, ao invés dos balastros ferromagnéticos em que é necessário um balastro por cada lâmpada. A substituição de balastros ferromagnéticos por electrónicos, permite não só reduzir o número de balastros, bem como reduzir o consumo de energia das luminárias em cerca de 25%, comparativamente às luminárias equipadas com balastros ferromagnéticos, com a vantagem adicional de aumentar o tempo de vida das lâmpadas (Osram, 2012). As novas luminárias serão equipadas com duas lâmpadas fluorescentes tubulares T5 de 21W. Assim sendo, cada luminária terá uma potência menor, sem que tal se reflecta de forma negativa nos níveis de luminosidade. Desta forma, estima-se que esta medida permita alcançar uma poupança anual na ordem dos 30.956 kWh, diminuído cerca de 43% o consumo de energia em iluminação nos gabinetes.

Os níveis de iluminação do novo sistema de iluminação foram simulados (através do *software DiaLux*). A Figura 26 mostra os resultados da simulação luminotécnica realizada a um gabinete de duas pessoas, tendo em conta as mesmas dimensões e condições do local, bem como a mesma localização das luminárias. Os resultados obtidos não têm a contribuição de iluminação natural e encontram-se próximos do valor recomendado pela norma EN 12464 para locais do mesmo tipo. Estes são bastante aceitáveis em comparação com os valores obtidos para o sistema actual, permitindo aumentar os níveis de satisfação e de conforto visual dos utentes do edifício.

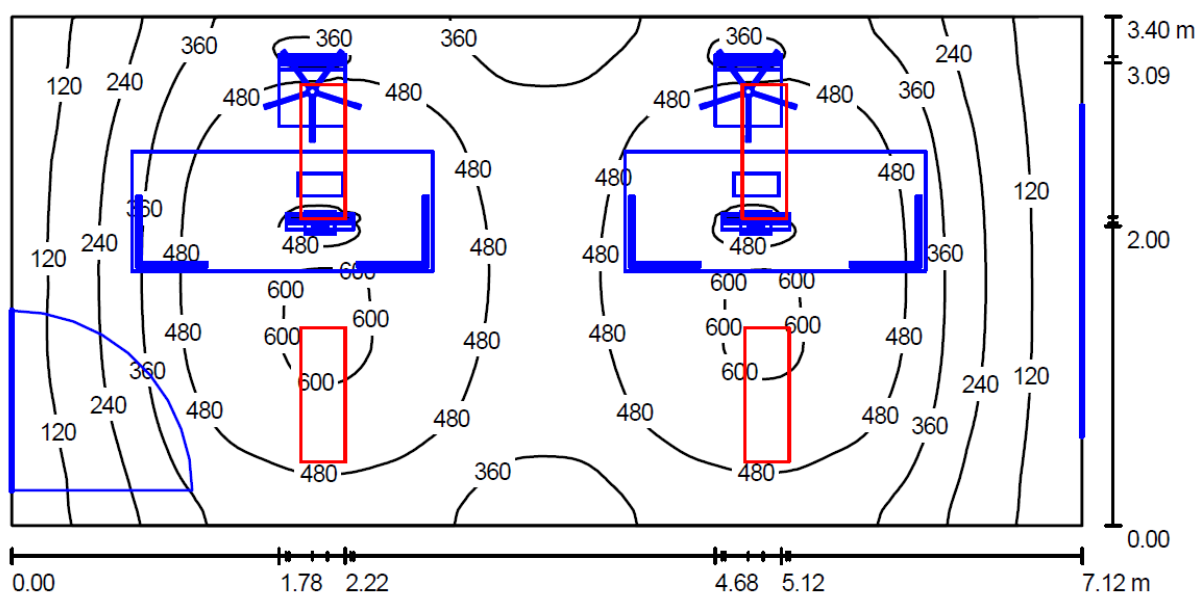


Figura 26 - Simulação luminotécnica de um gabinete com o novo sistema de iluminação

Hipoteticamente, o novo sistema de iluminação irá aumentar significativamente os níveis de iluminação neste tipo de locais. Tendo em conta a satisfação dos utilizadores em relação aos níveis de iluminação actuais, é expectável que, com o novo sistema de iluminação, não seja necessário que se encontrem todas as lâmpadas ligadas para se atingir os níveis de iluminação requeridos pelos utilizadores. É de notar, que esta premissa será condicionada pelas necessidades de cada utilizador e pelos níveis de iluminação natural.

Actualmente, o sistema de controlo da iluminação de cada gabinete é constituído apenas por um interruptor, ou seja, o utilizador tem apenas uma opção para ligar ou desligar a iluminação do seu gabinete. Somente nos gabinetes que têm mais de dois utilizadores (que são uma minoria em relação aos anteriores), existe a opção de ligar toda a iluminação ou apenas metade desta, ou seja, existem dois interruptores.

Uma medida adicional, será alterar o sistema de controlo da iluminação, através de uma simples modificação na ligação dos circuitos eléctricos do sistema de iluminação de cada gabinete. O novo sistema de controlo será constituído por dois interruptores, ao invés de um, e permitirá ao utilizador ter duas opções para ligar a iluminação. A primeira opção será ligar apenas uma lâmpada por cada luminária e a segunda opção será ligar toda a iluminação. Desta forma, de acordo com as necessidades de luminosidade dos utilizadores e com a contribuição de iluminação natural, esta alteração irá reduzir as horas de operação do novo sistema de iluminação.

Em anexo pode-se consultar as características do novo sistema de iluminação (anexo III, Tabela 18, Tabela 17).

MRCE 3 – Substituição das luminárias existentes na Biblioteca por luminárias mais eficientes

Esta medida consiste em substituir as luminárias equipadas com duas lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 58W e balastros ferromagnéticos por luminárias equipadas com duas lâmpadas T5 de 21W e balastro electrónico. As novas luminárias são mais eficientes do que as actuais devido a sua grelha reflectora, permitindo assim reduzir a potência em iluminação e atingir os níveis de iluminação requeridos para este tipo de locais. O sistema de iluminação da biblioteca é utilizado frequentemente, cerca de 9 horas por dia útil. Este local tem pouca contribuição de iluminação natural, sendo que na maioria dos espaços está inexistente, o que requer uma maior utilização do sistema de iluminação. Desta forma, estima-se uma poupança anual de energia próxima dos 15.704 kWh, reduzindo assim cerca de 71% o consumo de energia em iluminação na biblioteca. Em anexo pode-se consultar as características do novo sistema de iluminação (anexo III, Tabela 18, Tabela 17).

MRCE 4 – Substituição do sistema de iluminação da entrada principal por iluminação LED

Esta medida visa reduzir significativamente os consumos de iluminação na entrada principal do edifício (recepção), nas quais a iluminação opera cerca de 19 horas por dia ininterruptamente. A substituição das luminárias existentes nesta zona (luminárias com armadura de duas lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 36W) por luminárias LED de 20W pode reflectir uma redução de consumo próxima dos 78%, o que corresponde a uma poupança anual de energia na ordem dos 20.397 kWh.

Uma das fachadas da entrada do edifício é composta por vãos envidraçados, o que possibilita uma contribuição significativa de iluminação natural. As luminárias existentes são pouco eficientes, contudo este é dos poucos locais do edifício que cumpre com os requisitos da norma EN 12464. Portanto, é expectável que os níveis de iluminação se mantenham de acordo com o valor exigido para este tipo de locais, após a implementação desta medida. Em anexo pode-se consultar as características do novo sistema de iluminação (anexo III, Tabela 19).

De acordo com o anexo III do Programa de Procedimentos tipo, a Tabela 7 mostra o quadro tipo que resume as medidas propostas pelo adjudicatário² e as respectivas poupanças associadas.

Tabela 7 - Quadro tipo das medidas propostas pelo Adjudicatário

Medida	Poupança Total de energia [kWh/ano]	Poupança energia eléctrica [kWh/ano]	Poupança na factura de energia eléctrica [€/ano]	Poupança total, no primeiro ano de contracto [€/ano]
MRCE 1	22.518	22.518	2.541,4	2.541,4
MRCE 2	30.956,6	30.956,6	4.532,3	4.532,3
MRCE 3	15.704,2	15.704,2	2.260,7	2.260,7
MRCE 4	20.396,9	20.396,9	2.183,6	2.183,6
Poupanças Totais	89.575,7	89.575,7	11.518	11.518

Para o cálculo da poupança na factura de energia anual considerou-se o tarifário estipulado para o mês do período auditado (Janeiro de 2012). O custo marginal de energia foi utilizado nos cálculos de poupança, de acordo com o tarifário definido. Este último, tem em conta a redução da potência de pico e a variação da classe tarifária, ou seja, obtêm-se o custo total a partir da soma dos custos de cada consumo em função da sua classe tarifária (no anexo IV, Tabela 21, pode-se consultar tarifário utilizado). A poupança económica é obtida a partir dos custos evitados, ou seja, da diferença entre o custo do consumo estimado para o período de referência e o custo esperado para o consumo após a implementação das medidas.

6.3.2 Análise financeira do projecto (Cenário Base)

Neste ponto apresentam-se os resultados da análise financeira de cada medida e do projecto a nível global. O exercício de estudo da viabilidade financeira é de particular relevância, pois é com base nesta análise que se infere da viabilidade financeira do projecto e se avalia a decisão da sua implementação.

Nos cálculos subsequentes, assumem-se os seguintes pressupostos:

- Os custos de investimento inicial associados a cada medida e ao projecto global incluem os custos de equipamento (luminárias, lâmpadas e balastros). Ao valor em causa acresce os custos de instalação, avaliados em 20% do total de investimento inicial³. O investimento associado ao projecto a nível global inclui ainda os custos de projecto (inerentes a análise/estudos técnicos e financeiros).
- A estimativa de proveitos do projecto corresponde à poupança energética anual, em euros, resultante das MRCE propostas. O valor calculado, para cada MRCE e para o projecto global, assume como referência o tarifário estipulado para o mês do período auditado (Janeiro de

² Adjudicatário refere-se à Empresa de Serviços Energéticos (ESE)

³ Orçamento fornecido pela (Empresa Hermann Biener)

2012). O custo marginal de energia foi utilizado nos cálculos de poupança, de acordo com o tarifário definido (em anexo IV, Tabela 21, pode-se consultar tarifário utilizado).

- Não foram considerados custos de manutenção e custos de M&V do projecto.
- Não se consideraram custos afectos a encargos financeiros (não se considerou a origem dos capitais investidos), amortizações e impostos
- A análise financeira foi realizada para uma perspectiva de 10 anos, tendo em conta o tempo médio de vida útil dos equipamentos⁴.

A Tabela 8 mostra o investimento global e o associado a cada uma das medidas propostas, bem como a respectiva poupança anual estimada (proveito anual), em euros. Os indicadores económicos apresentados, VAL (valor actual líquido), TIR (taxa interna de rentabilidade) e PRI (período de retorno de investimento) foram calculados e analisados para uma perspectiva de 10 anos.

Tabela 8 - Análise financeira (perspectiva de 10 anos)

Ref. medida	Investimento (€)	Proveito Anual (€)	TIR	VAL	PRI (anos)
MRCE 1	10.513	2.541	14,66%	9.110	4,8
MRCE 2	33.921	4.532	0,62%	1.077	9,6
MRCE 3	5.546	2.261	32,64%	11.910	2,7
MRCE 4	5.022	2.184	35,42%	11.839	2,5
TOTAL	56.002	11.518	10,32%	32.936	5,7

A escolha da taxa de actualização (TA) depende de três parâmetros essenciais: a remuneração real desejada para os capitais próprios, o risco inerente ao projecto (risco económico e financeiro), e a taxa média anual de inflação esperada para o futuro. Para presente análise, considerou-se uma taxa de actualização (TA) de 5%, considerando que as estimativas de proveitos foram realizadas a preços constantes do ano de referência (*ano 0*) e reflectindo desta forma uma margem de risco associada ao investimento inicial do projecto e à incerteza associada à determinação da relação futura entre custos e proveitos.

Da análise à Tabela 8 conclui-se que:

- Todas as MRCE apresentam uma TIR e um VAL positivos. As MRCE 1, 3 e 4 apresentam uma TIR superior à taxa de actualização ($TIR > 5\%$), o que indica a viabilidade financeira destas.
- As medidas MRCE 3 e 4 têm um PRI inferior a 3 anos, podendo ser consideradas medidas de retorno rápido.
- A MRCE 2 apresenta uma TIR inferior à taxa de actualização ($TIR=0,62\% < 5\%$), o que indica a inviabilidade financeira desta medida para uma perspectiva de 10 anos. Contudo, este facto deve-se ao grande investimento inicial desta medida, que corresponde essencialmente ao custo das luminárias e dos balastros electrónicos (equipamentos que têm um tempo médio de vida útil bastante superior ao das lâmpadas). No entanto, o contexto financeiro global do projecto e o período de anos necessário para a substituição progressiva das lâmpadas instaladas, entre a fase inicial e o término do período de vida útil dos equipamentos (neste caso, para uma perspectiva de 20 anos), podem viabilizar esta medida e justificar a sua implementação.

⁴ O tempo médio de vida útil das MRCE têm em conta o tempo médio de vida útil das lâmpadas, contudo o restante equipamento afecto às MRCE (luminárias e balastros) têm um tempo médio de vida superior.

Em termos globais, a Figura 27 representa a curva de *cash flows* actualizados e acumulados para o projecto em causa e para este cenário base (sem aplicação do modelo para o programa Eco.Ap).

Em resumo, o valor actual líquido obtido ($VAL = 32.936,4 \text{ €}$) viabiliza o interesse do projecto uma vez que proporciona a integral recuperação do investimento e, ainda, a criação de excedentes monetários. A taxa interna de rentabilidade (TIR) é de 10,32%, ou seja, é superior a taxa de actualização considerada ($TIR > 5\%$), o que indica a viabilidade financeira deste projecto. Da análise da curva de *cash flows* acumulados, estima-se que o PRI deste projecto seja cerca de 5,7 anos.

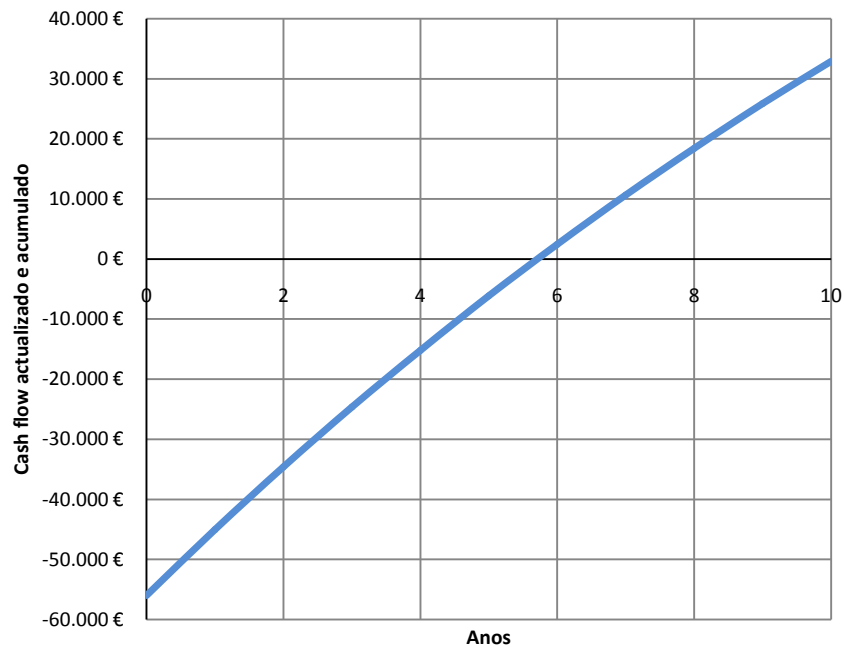


Figura 27- Curva de *cash flow* descontado e acumulado do projecto a nível global (perspectiva de 10 anos) – cenário base

6.4 Análise da Viabilidade do Projecto sob o modelo Eco.Ap

Com o intuito de identificar pontos críticos no modelo e propostas de melhoria para o programa Eco.Ap apresenta-se, nesta secção, uma análise da viabilidade do projecto global, aplicando as metodologias e as condições impostas no âmbito deste programa.

6.4.1 Remuneração da ESE e condições financeiras

A remuneração da ESE é feita com base nas economias de energia obtidas, através da implementação de medidas de racionalização de consumos energéticos, e a percentagem de partilha das economias definida entre a ESE e o contraente público, tal como definido no Caderno de Encargos (versão colocada para consulta pública em Março de 2012). A ESE só começa a ser remunerada após o primeiro ano de serviço das medidas de racionalização de consumos e quando estas perfaçam, pelo menos, 75% do aumento de eficiência energética contratualizado, tal como disposto na cláusula 37.^a do Caderno de Encargos.

Para presente análise, de forma a manter-se uma abordagem conservadora, não se considera quaisquer proveitos (poupanças) adicionais às apresentadas, em sede de proposta. Contudo, caso as economias de energia anuais alcançadas fossem superiores às que constam na proposta da ESE, a remuneração devida à ESE seria acrescida do valor em euros correspondente a 75% das economias de energia adicionais alcançadas, medidas em kWh, tal como descrito na cláusula 37.^a do Caderno de Encargos.

De acordo com o anexo IV do Caderno de Encargos, a remuneração da ESE pela poupança energética é calculada com a seguinte fórmula:

$$RE_t = PE_t - G1_t - G2_t + RP_t \quad (2)$$

Em que,

RE_t – remuneração pela poupança energética, em euros, no ano t ;

PE_t – poupança energética imputável à intervenção da ESE, em euros, no ano t ;

$G1_t$ – Poupança mínima garantida para a instituição, em euros, no ano t ;

$G2_t$ – Poupança adicional para a instituição, em euros, no ano t ;

RP_t – Reduções de custos energéticos imputáveis à remuneração da ESE, em euros, no ano t ;

A poupança energética imputável à intervenção da ESE, PE_t , é calculada da seguinte forma:

$$PE_t = \sum_{i=1}^n (Een\ i_t \times Tbl\ i_t) \quad (3)$$

Em que,

$Een\ i_t$ – Economia da fonte de energia i , imputável à intervenção da ESE, em kWh, no ano t ;

$Tbl\ i_t$ – tarifa energética de base da fonte de energia i utilizada no edifício, em euros por kWh, aplicável ao ano t ;

A poupança mínima garantida para a instituição, $G1_t$, é calculada da seguinte maneira:

$$G1_t = [\sum_{i=1}^n (EEc_i \times Tbl\ i_t)] \times PG_t \quad (4)$$

Em que,

EEc_i – economia de energia contratualizada, em kWh, para a fonte i ;

PG_t – poupança mínima garantida para a instituição em percentagem das economias de energia contratualizadas, aplicável ao ano t (mínimo de 20%);

A poupança partilhada adicional para a instituição, $G2_t$, é calculada a partir da seguinte fórmula:

$$G2_t = (Een.ad.i_t \times Tbl i_{tGEE}) \times PP_1 \quad (5)$$

Em que,

$Een.ad.i_t$ – economia da fonte de energia i , em kWh, imputável à intervenção da ESE e adicional à inicialmente contratualizada, no ano t ;

$Tbl i_{tGEE}$ – tarifa energética da fonte de energia i utilizada no edifício após gestão de energia, em euros por kWh, aplicável ao ano t ;

PP_1 – partilha da poupança adicional para a instituição em percentagem dos custos de *baseline* (75%).

A componente de remuneração da ESE relativa à redução de custos energéticos, Rpt , resulta de medidas de gestão de energia impostas pela ESE (correção do factor potência, transferência de consumos entre períodos tarifários ou entre fontes de energia, redução da potência contratada). Esta componente é calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$Rpt = \left(\sum_{t=1}^n \frac{(CE i_t \times Tbl i_t)}{CTE_t} - \sum_{t=1}^n \frac{(CE i_t \times Tbl i_{tGEE})}{CTE_t} \right) \times CTE_t \quad (6)$$

Em que,

$CE i_t$ – consumo da fonte de energia i , objecto de gestão exclusivamente pela ESE, no ano t ;

$CTE i_t$ – Consumo total de energia, associado exclusivamente à gestão energética da ESE, no ano t , excluindo todas as variáveis resultantes de alterações promovidas directamente ou indirectamente pelo contraente público;

i , - índice da fonte de energia utilizada no edifício;

n , - número total de fontes de energia utilizadas no edifício.

De acordo com a cláusula 40.^a do Caderno de Encargos, o valor do kWh a ser utilizado nos cálculos de remuneração da ESE, será revisto anualmente através da actualização com o valor do índice de preços do consumidor (IPC) efectiva do ano anterior, sem habitação, em Portugal, tal como publicado no INE. Tal como descrito no anexo IV do Caderno de Encargos, a tarifa energética de base para uma fonte i , $Tbl i_t$, é actualizada da seguinte maneira:

$$Tbl i_t = Tbl i_0 \times \frac{IPC_{t-1}}{IPC_0} \quad (7)$$

Em que,

$Tbl i_0$ – tarifa da fonte de energia i , em euros por kWh, para o ano zero, tal como definido no Caderno de Encargos;

IPC_{t-1} – valor do índice de preços do consumidor, sem habitação, publicado para o continente, relativo ao ano $t-1$;

IPC_0 – valor do índice de preços do consumidor, sem habitação, publicado para o continente, relativo ao ano zero, tal como definido no Caderno de Encargos;

Nos cálculos subsequentes, assumem-se os seguintes pressupostos:

- Considerou-se como tarifa de energia eléctrica para o ano zero, $Tbl i_0$, o tarifário estipulado para o mês do período auditado (Janeiro de 2012).
- A poupança energética imputável à intervenção da ESE, Pet , foi considerada igual à economia de energia contratualizada (igual para todos os anos t).

- O cálculo das equações (3) e (4) tiveram em conta o custo marginal de energia e a redução da potência tomada em horas de ponta (no anexo IV, Tabela 21, pode-se consultar tarifário utilizado).

A Tabela 9 mostra os resultados da remuneração anual prevista para a ESE e para diferentes cenários de remuneração anual, tendo em conta várias percentagens de poupança garantida para a entidade adjudicante.

Tabela 9 - Estimativas de remuneração anual da ESE

<i>PGt (%)</i>	<i>PEt (€)</i>	<i>GIIt (€)</i>	<i>REt (€)</i>
20%	11.518	2.304	9.214
30%	11.518	3.455	8.063
40%	11.518	4.607	6.911

6.4.2 Análise financeira do projecto (Cenário Eco.Ap)

Este ponto apresenta a análise financeira do projecto para os diferentes cenários de remuneração da ESE e para as condições impostas pelo programa Eco.Ap.

De acordo com programa Eco.Ap e tal como disposto na cláusula 6.^a do Caderno de Encargos (versão colocada para consulta pública em Março de 2012), o prazo de contrato é um valor constante na proposta adjudicada e é fixado pela ESE tendo em conta o período de tempo necessário para a recuperar e remunerar os capitais investidos, em condições normais de rentabilidade de exploração. No âmbito do documento supracitado é definido que o período de contrato não pode ser inferior a 6 anos nem superior a 16 anos, a contar desde o início da produção de efeitos do contrato. A ESE tem que garantir, pelo menos, 15% de economias de energia, em kWh, face ao *consumo de referência (baseline)* e dessa percentagem a ESE garante à entidade adjudicante, pelo menos, 20% do valor correspondente em euros, tal como definido no Caderno de Encargos Tipo.

A ESE obriga-se também a manter o bom estado de operação, utilização, conservação e manutenção dos bens afectos ao contrato, durante o período deste. Todas as despesas inerentes e a estes ponto são da responsabilidade da ESE, tal como definido na cláusula 12.^a do Caderno de Encargos.

Para presente estudo de viabilidade financeira e tendo em conta as condições definidas no Eco.Ap, assumem-se os seguintes pressupostos:

- Os custos de investimento inicial associados ao projecto global incluem os custos de equipamento (luminárias, lâmpadas e balastros). Ao valor em causa acresce os custos de instalação, avaliados em 20% do total de investimento inicial⁵. O investimento associado ao projecto a nível global inclui ainda os custos de projecto (inerentes a análise/estudos técnicos e financeiros).
- A estimativa de proveitos do projecto corresponde à poupança energética anual, em euros, resultante das MRCE propostas. O valor calculado desta forma, para o projecto global, está de acordo com o modelo Eco.Ap e assume valores de poupança iguais aos valores contratualizados, durante os anos de perspectiva do projecto.
- Assume-se como tarifa de referência o tarifário estipulado para o mês do período auditado (Janeiro de 2012). O custo marginal de energia foi utilizado nos cálculos de poupança, de acordo com o tarifário definido (em anexo IV, Tabela 21, pode-se consultar tarifário utilizado).

5 Orçamento fornecido pela (Empresa Hermann Biener)

- Para efeitos de análise comparativa, consideraram-se diferentes cenários de remuneração anual da ESE, descontando aos proveitos anuais de projecto a percentagem de poupança garantida para a instituição (entidade adjudicante).
- Foram considerados custos de manutenção que, entre outros, englobam o custo da substituição progressiva da totalidade das lâmpadas (este custo foi distribuído ao longo dos anos de projecto, tendo uma maior incidência nos períodos mais próximos do tempo médio de vida útil das lâmpadas inicialmente instaladas). O valor global em causa representa 18% do investimento inicial. Ao valor em causa acresce os custos de mão-de-obra e outros encargos de manutenção, avaliados em 10% do total de custos de substituição das lâmpadas.
- Foram incluídos na análise realizada os custos de M&V anuais associados a cada uma das medidas projectadas (no anexo V pode-se consultar os custos de M&V, na Tabela 47).
- Não se consideraram custos afectos a encargos financeiros (não se considerou a origem dos capitais investidos), amortizações e impostos.
- A análise financeira foi realizada para uma perspectiva de 20 anos, tendo em conta o tempo médio de vida útil do projecto⁶.

A Figura 28 representa a curva de *cash flows* actualizados e acumulados do projecto para diferentes cenários de remuneração anual da ESE. A curva correspondente ao cenário “sem Eco.Ap” inclui os pressupostos considerados na análise financeira do ponto 5.3.2 do presente documento, excepto os custos de manutenção e de substituição progressiva das lâmpadas que foram considerados neste caso, permitindo uma análise para uma perspectiva de 20 anos. Desta forma, é possível comparar a viabilidade financeira do projecto “sem Eco.Ap” com os vários cenários para o modelo contratual do programa Eco.Ap.

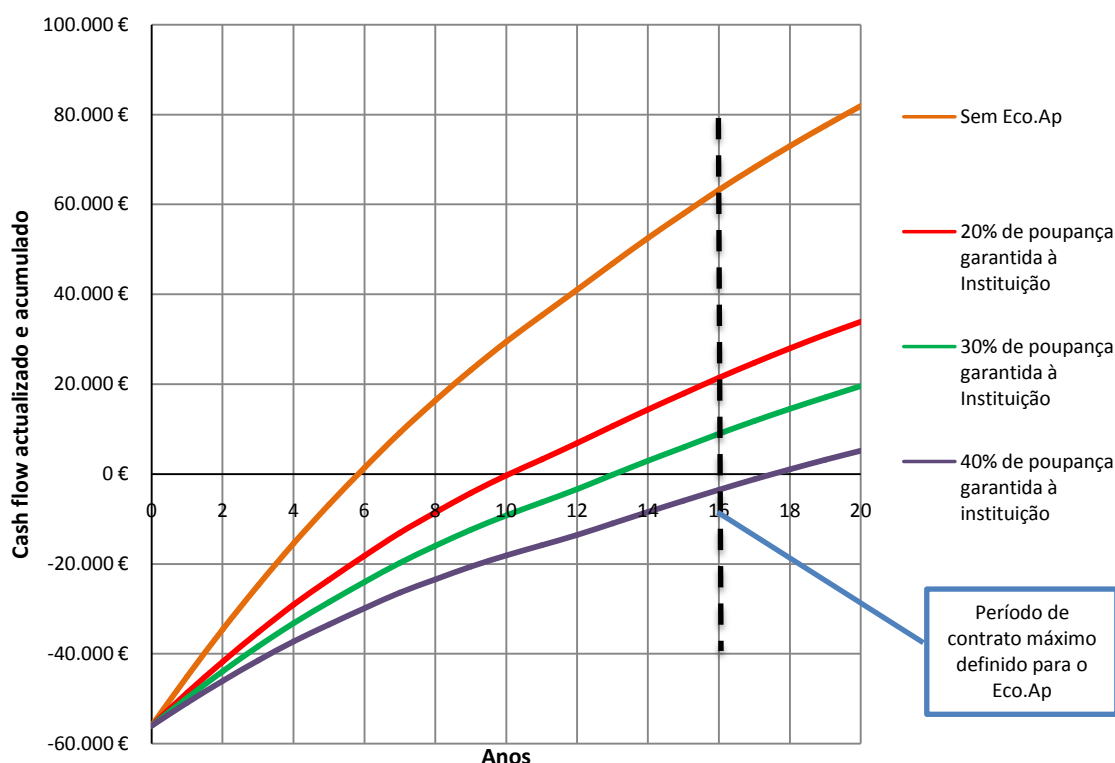


Figura 28-Curva de *cash flow* actualizado e acumulado em função da % de poupança garantida à entidade adjudicante

6 O tempo médio de vida útil das MRCE têm em conta o tempo médio de vida útil das lâmpadas (cerca de 10 anos), considerando a substituição progressiva destas ao longo da vida útil do projecto estima-se que o tempo médio de vida útil deste aumente para cerca de 20 anos.

A Tabela 10 mostra os resultados da análise financeira do projecto para os diferentes cenários do modelo Eco.Ap e para cenário “sem Eco.Ap”.

Tabela 10 - Quadro-resumo dos resultados da análise financeira

% Poupança garantida à instituição (PGt)	Duração de Contrato (anos)	VAL (€)	TIR (%)	PRI (anos)
S/ Eco.Ap	-	81.926	13,6%	5,8
20	12	6.855	2%	10,1
	14	14.374	4%	
	16	21.451	5%	
30	14	2.973	1%	13,1
	16	8.968	2%	

De acordo com a análise à Figura 28 e à Tabela 10, conclui-se que:

- A adesão ao modelo Eco.Ap inviabiliza o projecto para uma perspectiva de 10 anos, período ao qual corresponde o tempo médio de vida útil inicial das medidas, sem incluir a substituição progressiva das lâmpadas. Os PRI obtidos para os cenários baseados no Eco.Ap apresentam também um valor superior a 10 anos.
- Em comparação com o modelo “Sem Eco.Ap”, os cenários que aderem ao Eco.Ap apresentam indicadores menos favoráveis, devido aos maiores custos fixos impostos à ESE. Os custos de M&V, custos de manutenção e a poupança garantida à entidade adjudicante são todos factores que influenciam a diminuição dos proveitos anuais da ESE.
- No âmbito do programa Eco.Ap, o cenário que apresenta a maior TIR a 16 anos, que iguala a taxa de actualização ($TIR = TA = 5\%$), é aquele em que a ESE garante apenas 20% da poupança garantida para a instituição. O VAL obtido para este cenário é de 21.451 €. Este é o único cenário que viabiliza o interesse do projecto, uma vez que este apresenta o maior VAL.
- O cenário que corresponde a 40% de poupança garantida à instituição por parte da ESE, não poderia ser incluído no âmbito do Eco.Ap, uma vez que o PRI é superior ao limite máximo de duração de contrato ($PRI > 16$ anos).
- De acordo com a taxa limiar sugerida pelo Banco de Portugal para as taxas de juro oferecidas pelos bancos sedeados em Portugal e para depósitos a prazo, considerou-se uma taxa de juro de 3,5%⁷ para comparação com os resultados obtidos. Analisando os cenários do modelo Eco.Ap, apenas os cenários em que a poupança garantida é mínima e a duração de contrato é longa, a TIR é ligeiramente superior à taxa de juro considerada ($TIR > 3,5\%$). Face a isto, é expectável que a rentabilidade dos capitais investidos pela ESE neste projecto não compensem a execução do projecto e os riscos envolvidos num contrato deste tipo.

Tendo em conta os resultados apresentados, os cenários que aderem ao Eco.Ap, excepto o cenário de 20% de poupança garantida à instituição e de 16 anos de contrato, apresentam uma TIR inferior à taxa de actualização considerada ($TIR < TA=5\%$), o que inviabiliza o interesse do projecto para estes cenários. Desta forma, na análise subsequente comparar-se-ão os indicadores de viabilidade do projecto, calculados sob a perspectiva das duas entidades envolvidas, apenas para o cenário de 20% de poupança garantida à instituição a 16 anos de contrato.

⁷ taxa limiar sugerida pelo Banco de Portugal, acrescida da taxa Euribor relevante para o período de referência

A Figura 29 mostra a curva de *cash flows* actualizados e acumulados do projecto para o cenário “sem Eco.Ap” e para o cenário “Eco.Ap” na perspectiva da entidade adjudicante e da ESE.

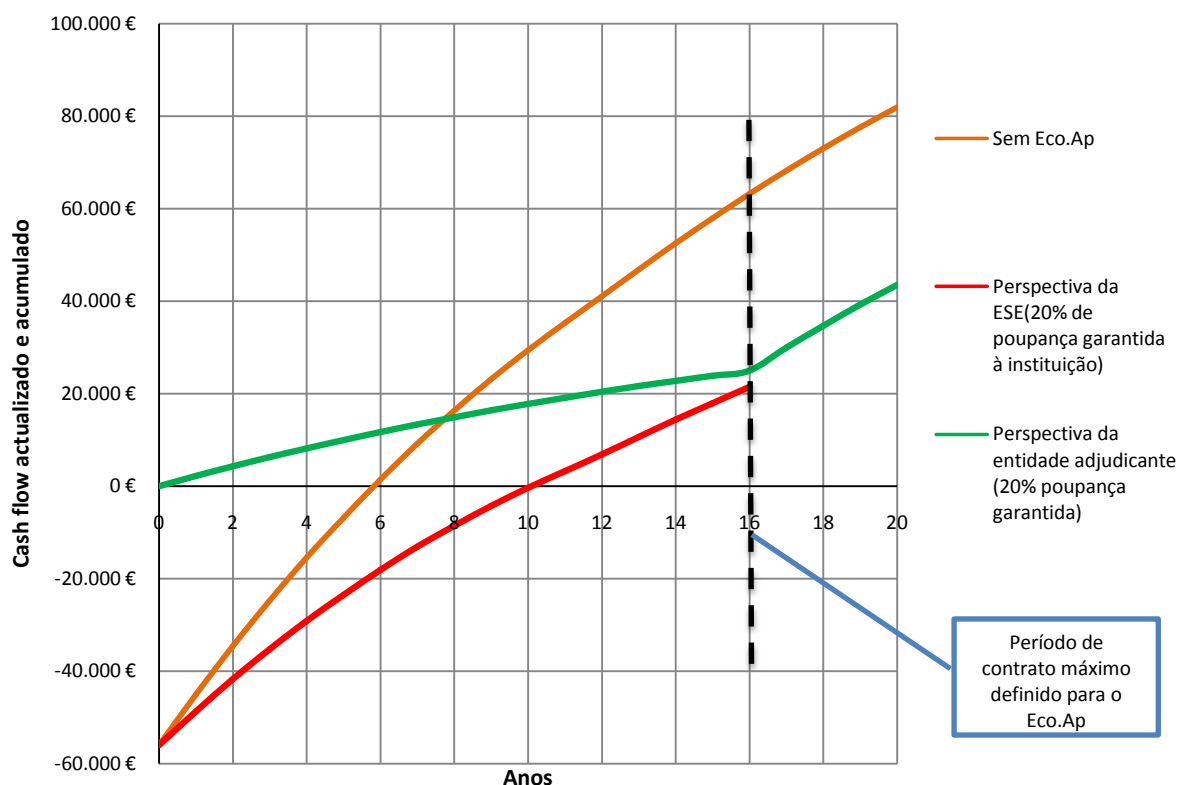


Figura 29 - Curva de *cash flow* actualizado e acumulado do projecto na perspectiva da entidade adjudicante e da ESE

Da análise à Figura 29 conclui-se que:

- Sob o modelo Eco.Ap, a entidade adjudicante é a parte que mais beneficia financeiramente, alcançando um VAL no final dos 20 anos de vida útil de projecto bastante superior ao VAL alcançado pela ESE no final dos 16 anos de contrato, em cerca de 50%.
- Ao fim dos 16 anos de contrato, a entidade adjudicante atinge um VAL ligeiramente superior ao VAL obtido pela ESE.
- O cenário “sem Eco.Ap” apresenta um VAL, na perspectiva da entidade adjudicante, superior ao obtido pelo cenário “Eco.Ap”, contudo este cenário não inclui custos de M&V e acarreta todas as responsabilidades e riscos (financeiros e técnicos) para a entidade adjudicante. O facto de este cenário não incluir procedimentos de M&V, implica que não haja uma quantificação real da poupança anualmente e que os riscos de desempenho energético e recuperação de capitais investidos no projecto sejam bem maiores.

Na Tabela 11 pode-se consultar o valor dos VAL obtidos para o cenário “sem Eco.Ap” (na perspectiva da entidade adjudicante) e para o cenário “Eco.Ap” na perspectiva da entidade adjudicante e na perspectiva da ESE.

Tabela 11 - VAL do projecto nas diferentes perspectivas

VAL do projecto (perspectiva da ESE – Eco.Ap) (€)	VAL do projecto (perspectiva da entidade adj. – Eco.Ap) (€)	VAL do projecto (perspectiva da entidade adj. – Sem Eco.Ap) (€)
21.451	43.514	81.926

6.4.3 Avaliação das propostas

Neste item analisa-se o processo de avaliação das propostas iniciais da ESE em termos globais, testando as metodologias de cálculo presentes no Programa de Procedimentos tipo (versão colocada para consulta pública em Março de 2012).

Tal como referido anteriormente, a avaliação das propostas de uma ESE é baseada em critérios económicos. A proposta adjudicada é a proposta que apresentar uma pontuação mais elevada, tendo em conta os métodos de cálculo descritos no anexo II do Programa de Procedimentos Tipo. Para efeitos de cálculo da pontuação de cada concorrente é considerada a seguinte fórmula geral:

$$P = \left[\frac{VAL - VAL_{min}}{VAL_{min}} \right] \times 50\% + \left[\frac{16-n}{16-6} \right] \times 50\% \quad (8)$$

Em que,

P – pontuação do concorrente;

VAL – valor actualizado líquido das poupanças garantidas para o Contraente Público propostas pelo Concorrente, em kWh;

VAL_{min} – valor actualizado líquido das poupanças mínimas garantidas para o contraente público admitidas no concurso, em kWh;

n – duração do projecto proposto pelo concorrente, em anos.

De acordo com o definido no anexo II do Programa de Procedimentos Tipo, o VAL e o VAL_{min} são calculados através das seguintes fórmulas:

$$VAL = \sum_{t=1}^n \left[\frac{PGt \times Een_t}{(1+4\%)^t} \right] \quad (9)$$

Em que,

PGt – poupança mínima garantida proposta pelo concorrente para o contraente público, em percentagem das economias de energia contratualizadas, aplicável ao ano t (mínimo exigido de 20%);

Een_t – Economia de energia proposta pelo concorrente, em kWh, em relação à baseline de consumo, aplicável ao ano t (mínimo exigido de 15%).

$$VAL_{min} = \sum_{t=1}^n \left[\frac{PGmin_t \times Een_{min_t}}{(1+4\%)^t} \right] \quad (10)$$

Em que,

$PGmin_t$ – poupança mínima garantida exigida para o contraente público, em percentagem das economias de energia contratualizadas, aplicável ao ano t ;

Een_{min_t} – Economia mínima de energia, em kWh, em relação à baseline de consumo, aplicável ao ano t .

Através da aplicação das equações anteriormente descritas, estimou-se a pontuação do projecto em função dos anos de contrato e da percentagem de poupança garantida para a instituição, de maneira a analisar a influência destes dois últimos parâmetros na avaliação das propostas das ESE.

Analisando a influência da percentagem de poupança a garantir à entidade adjudicante, tal como mostra a Figura 30, verifica-se que quanto maior for a percentagem de poupança garantida à instituição maior é a pontuação obtida pela ESE, apresentando uma relação linear (por cada 5% de aumento na poupança partilhada com a instituição a pontuação aumenta 8%).

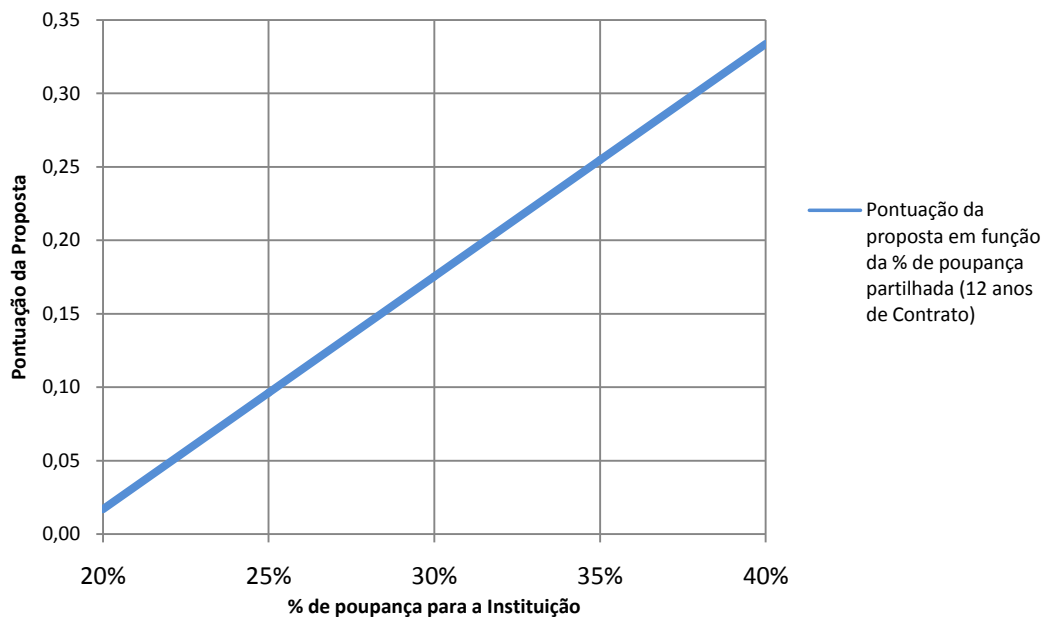


Figura 30 - Influência da percentagem de poupança garantida à instituição na pontuação da proposta (para um valor fixo de 12 anos de duração de contrato)

Por outro lado, quanto mais a ESE partilhar a poupança com a entidade adjudicante menor será a sua remuneração anual, logo, para a ESE recuperar e remunerar os capitais investidos no projecto terá de aumentar a duração de contrato. Este facto irá prejudicar a pontuação da proposta. Tal como se pode observar na Figura 31, o aumento do prazo de contrato influencia negativamente, e de forma linear, a pontuação da proposta da ESE (por cada aumento de 2 anos na duração do contrato a pontuação diminui em 10%). É de referir que, a pontuação atinge valores negativos para prazos de contrato mais longos porque para o presente caso de estudo a economia de energia proposta ($E_{en,i}$) é apenas de 10% em relação à baseline de consumo (sendo que o mínimo exigido é de 15%).

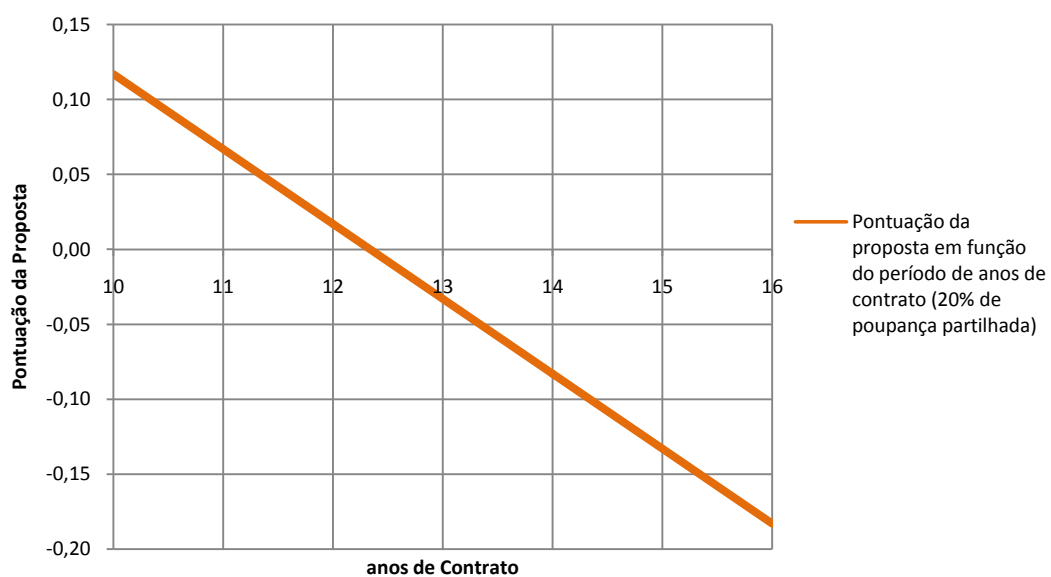


Figura 31-Influência da duração de contrato na pontuação da proposta (para um valor fixo de 20% de poupança garantida à instituição)

A Tabela 12 apresenta os vários cenários da avaliação global do projecto, indicando os pressupostos e os respectivos indicadores financeiros e a pontuação da proposta. Como se pode constatar, fixando o valor da percentagem da poupança a garantir à instituição, o aumento da duração de contrato origina uma maior receita para a ESE e uma maior viabilidade financeira de projecto, contudo, penaliza a ESE na pontuação da proposta, colocando em risco a adjudicação da mesma.

Tabela 12 - Resultados da avaliação do projecto global

Pressupostos		Indicadores			
% Poupança garantida à instituição (PGt)	Duração de Contrato (anos)	VAL (€)	TIR (%)	PRI (anos)	Pontuação
20	12	6.855	2%	10,1	0,02
	14	14.374	4%		-0,08
	16	21.451	5%		-0,18
30	14	2.973	1%	13,1	0,25
	16	8.968	2%		0,15

Analisando os resultados obtidos, caso a ESE pretenda obter uma boa pontuação, para adjudicação da proposta, terá de assumir riscos financeiros inportáveis para um projecto deste tipo. Tal como se pode observar, os cenários que apresentam uma maior pontuação indicam também um VAL e uma TIR baixas ($TIR < TA = 5\%$). O balanço entre o risco financeiro e o risco de adjudicação da proposta desta metodologia de avaliação não é o mais razoável para as ESE, pois se esta pretender diminuir os riscos financeiros inerentes ao projecto irá aumentar os riscos de adjudicação da sua proposta, ou vice-versa.

6.5 Plano de medição e verificação

As propostas preliminares dos concorrentes devem ser constituídas de um plano de medição e verificação (M&V), este deve definir planos de M&V para cada medida de eficiência energética a propor, de acordo com o IPMVP e tal como disposto no Programa de Procedimentos Tipo (versão colocada para consulta pública em Março de 2012). Assim desta forma, o modelo Eco.Ap restringe a selecção da opção C do IPMVP, que corresponde à medição do desempenho energético de toda a instalação.

Os procedimentos de M&V são de extrema importância num contrato de desempenho energético (CDE), é com base nestes que as entidades envolvidas no CDE garantem uma quantificação real da poupança energética (em custos ou consumos evitados), de maneira a avaliar a poupança de energia acordada entre a ESE e a entidade adjudicante e a diminuir os riscos associados ao CDE.

O presente estudo inclui a elaboração de um plano de M&V para as medidas MRCE 1 e MRCE 2, que incluiu a avaliação do consumo de referência, a determinação do tamanho da amostra, a selecção dos pontos de medição e a identificação de outros factores afectos às MRCE, de forma a identificar o investimento e as dificuldades envolvidas na concretização destes procedimentos. De acordo com as medidas preconizadas foram seleccionadas as opções de M&V mais adequadas (no anexo V pode-se consultar os planos M&V elaborados para a MRCE 1 e MRCE 2).

A Tabela 13 resume as medidas incluídas no plano M&V e as respectivas opções seleccionadas.

Tabela 13 - Sumário de M&V

MRCE	Descrição	Opção M&V	Sumário de M&V
MRCE 1	Substituição do sistema de iluminação existente nas zonas de circulação por iluminação LED mais eficiente	Opção A - IPMVP	Medição da potência instantânea; Estimativa das horas de operação.
MRCE 2	Substituição das luminárias existentes com lâmpadas T8 nos gabinetes, por luminárias mais eficientes com lâmpadas T5. Alteração dos controlos do sistema de iluminação.	Opção B - IPMVP	Monitorização do consumo de energia eléctrica e das horas de operação.

Com o intuito de obter o consumo de referência para cada MRCE, procedeu-se da seguinte forma:

- Determinação de uma amostra aleatória e representativa das luminárias afectas a cada MRCE. Para a MRCE 1 obteve-se uma amostra final de 34 luminárias e para a MRCE 2 obteve-se uma amostra final de 40 luminárias (considerando um coeficiente de variância [CV] de 0,4 e uma precisão relativa de 10%).
- Durante o trabalho de campo, identificaram-se os pontos de medição para cada MRCE, tendo em conta a amostra final para cada uma. Para a MRCE 1 mediu-se uma amostra real de 43 luminárias de um universo de 149 luminárias. Para a MRCE 2 mediu-se uma amostra real de 48 luminárias de um universo de 844 luminárias. Ambas as MRCE têm uma amostra real superior à amostra inicialmente calculada, diminuindo o CV e aumentando a precisão de amostragem.
- Medições instantâneas nos pontos identificados para a MRCE 1 (disjuntores dos quadros parciais), durante o horário fora de expediente e para toda a iluminação ligada (amostra real). As horas de operação do sistema de iluminação foram estimadas.
- Monitorização dos consumos registados nos pontos identificados para a MRCE 2 (disjuntores dos quadros parciais), com um intervalo de integração de dados de 15 minutos, na semana compreendida entre as 16:30 de dia 18 de Maio de 2012 e as 16:30 de dia 25 do mesmo mês, perfazendo assim uma semana completa;
- Identificação dos *efeitos interactivos, variáveis independentes e factores estáticos* afectos a cada MRCE.

A Tabela 14 apresenta os resultados de M&V e respectivos custos e precisões esperadas, para ambas as MRCE.

Tabela 14 - Resultados de M&V (MRCE 1 e MRCE 2)

MRCE	Opção IPMVP	Tamanho real da Amostra (n° Luminárias medidas)	Custos de M&V (€/ano)	Consumo de Referência (kWh/ano)	Precisão esperada (%)
1	A	43	210	31.000	20%
2	B	48	1200	46.000	9%

Os custos de M&V, para a MRCE 1 (opção A), representam cerca de 1% da poupança média anual prevista, valor este inferior ao sugerido pelo IPMVP ($1\% < 10\%$), indicando a viabilidade da aplicação desta metodologia de M&V para esta medida. Para a MRCE 2 (opção B), os custos de M&V representam cerca de 30% da poupança média anual prevista, ultrapassando o limite proposto pelo IPMVP ($30\% > 10\%$), o que pode comprometer de forma determinante a aplicação desta metodologia de M&V para esta medida.

O custo total de M&V para o projecto global, incluindo todas as MRCE, representa cerca de 13% da poupança média anual prevista, ultrapassando o limite proposto pelo IPMVP ($13\% > 10\%$), podendo comprometer a aplicação desta metodologia de M&V para esta medida (em anexo V na Tabela 47, pode-se consultar com maior detalhe os custos de M&V).

De acordo com a cláusula 37º do caderno de encargos (versão colocada para consulta pública em Março de 2012), a remuneração anual da ESE é feita mensalmente e corresponde a 1/12 da remuneração anual prevista, existindo um acerto anual através de um pagamento de reconciliação, com base nos resultados de M&V.

Desta forma, para ambas as MRCE e respectivas opções seleccionadas, devem ser repetidas as medições definidas para o período de reporte uma vez por ano, de forma a salvaguardar a quantificação real da poupança. As condições definidas para o período de reporte devem ser as mesmas do período de referência, e caso ocorram alterações às condições do período de reporte seria o consumo de referência a ser ajustado com base nessas condições, de maneira a reportar a poupança na forma de custos evitados.

7. Análise crítica aos modelos propostos para o programa Eco.Ap

Neste capítulo pretende-se analisar um conjunto de pontos críticos identificados através das análises e conteúdos apresentados nos capítulos anteriores, nomeadamente através da aplicação e análise de algumas metodologias presentes nos modelos propostos para o Caderno de Encargos e Programa de Procedimentos Tipo (versões colocadas para consulta pública em Março de 2012) do programa Eco.Ap, em sede do caso de estudo realizado.

7.1 Objectivos do programa

Uma das grandes metas do Eco.Ap será aumentar a eficiência energética na administração pública em 30%, tal como descrito no Programa de Procedimento Tipo. Todavia, de acordo com a cláusula 5.^a do Caderno de Encargos, a ESE obriga-se a alcançar, pelo menos, 15% de economias de energia face ao consumo de referência. Face ao referido anteriormente, é expectável que com uma exigência mínima de apenas 15% não se consiga alcançar o objectivo inicial de 30%.

Tal como este caso de estudo comprova, da análise financeira realizada no ponto 6.4.2 do presente documento, existem MRCE válidas cuja implementação se torna inviável à luz do modelo contratual do Eco.Ap, sendo este um factor determinante para comprometer uma meta tão ambiciosa como os 30%. Os edifícios existentes na administração pública podem realmente revelar bastante potencial para implementar MRCE, mas parte deste pode ser limitado à partida pelas restrições e condições financeiras impostas às ESE no âmbito do Eco.Ap.

7.2 Fase inicial do concurso

A fase inicial do procedimento concursal definido no âmbito do programa Eco.Ap consiste na apresentação das propostas iniciais por parte das ESE convidadas a participarem no concurso. Esta fase inicial inclui a realização de um diagnóstico energético ao edifício e termina com a selecção das duas melhores propostas, tal como definido no artigo 7.^a do Programa de Procedimento. O diagnóstico energético consiste numa visita técnica conjunta por todos os concorrentes e com a duração de apenas um dia, com o objectivo de os concorrentes observarem e avaliarem o estado das instalações, tal como descrito no anexo VI, parte 1, do Programa de Procedimento. Com base no trabalho desenvolvido e na visita técnica realizada ao edifício do Campus do LNEG no âmbito do caso de estudo, e tendo em conta que esta análise pode incluir uma amostra de edifícios no âmbito do Eco.Ap, uma visita técnica de apenas um dia pode não ser o suficiente para obter a informação requerida por parte dos concorrentes. Caso o número destes seja elevado, seria mais produtivo a realização de mais do que uma visita técnica em função do número de concorrentes, definindo o mesmo programa para todos, de maneira a salvaguardar a qualidade de informação e dados a recolher pelos concorrentes.

De acordo com o disposto no artigo 11.^o do Programa de Procedimentos a visita técnica não poderá implicar a montagem de qualquer equipamento de medição sem a prévia aprovação do júri do concurso. Todavia, o pedido de vários concorrentes para tal situação poderá atrasar esta fase inicial do concurso. Para tal, deveria ser definido um método que garanta a equidade de condições de análise e dados disponibilizados às entidades concorrentes, assim como, definir o tipo e tempo de medição que os concorrentes poderão usufruir. Caso haja interesse da parte dos concorrentes em realizar medições, deveria ser decidido em consenso com todos os concorrentes e com o júri do concurso, apenas um dos concorrentes realizar as medições e o júri facultar os dados obtidos a todos os outros, evitando assim atrasos no decorrer desta fase.

O consumo energético a considerar como *baseline* é o consumo correspondente a um período que poderá ser o dos últimos 12 meses ou da média dos últimos 3 anos ou de outro período representativo da utilização normal das instalações ou equipamento, devendo estes valores serem baseados nas facturas energéticas do edifício afecto à intervenção dos concorrentes, tal como descrito na cláusula 2.^a do Caderno de Encargos. O valor de *baseline* deveria ser definido pela entidade adjudicante, de maneira a ser um valor fixo para todos os concorrentes, assim como, definir os factores de conversão a utilizar para o cômputo desses valores. Na Tabela 48, do anexo VI, deste documento (correspondente

ao quadro 1.2 do anexo III, parte 1, do Programa de Procedimento) deveria ser indicado o valor de *baseline* considerado para efeitos de cálculo.

7.3 Segunda fase do concurso

A segunda fase do programa corresponde à fase de apresentação das propostas preliminares e análise das propostas finais. Nesta fase os dois concorrentes seleccionados devem realizar uma auditoria rigorosa e detalhada tendo em vista a elaboração das propostas preliminar e final, tal como definido no artigo 19º do Programa de Procedimentos. Após conclusão da realização da auditoria por parte dos concorrentes, estes apresentam as suas propostas preliminares, tal como disposto no artigo 20º.

Relativamente à auditoria a realizar ao edifício, deveria ser estipulado um conjunto de requisitos mínimos a exigir em sede de auditoria, os quais deveriam vir referidos no artigo 19º e listados no Anexo VI, parte 2, do Programa de Procedimento Tipo. Tais requisitos mínimos poderiam ser baseados nos requisitos de auditoria energética a considerar no SGCIE (Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia), Despacho nº 17449/2008.

7.4 Remuneração da ESE e condições financeiras

- **Metodologias de cálculo de remuneração**

O modelo contratual definido para o Eco.Ap é baseado num conceito que mistura poupanças garantidas com poupanças partilhadas, ou seja, a ESE garante à entidade adjudicante um certo nível de poupança, independentemente das economias de energia que conseguir alcançar, e caso as economias de energia ultrapassem o valor contratualizado, estas serão partilhadas entre ambas as partes. Na equação (4) do ponto 6.4.1 do presente documento é definida uma fórmula de cálculo para a poupança mínima a garantir pela ESE à entidade pública, tal como descrito no anexo IV do Caderno de Encargos. O parâmetro EEc_i , economia de energia contratualizada, deveria ser substituído pelo parâmetro Een_i , economia de energia imputável à intervenção da ESE, adoptando um conceito de poupanças partilhadas, de modo a existir uma partilha de risco entre as duas partes. No contexto deste programa e de acordo com as condições definidas para o modelo contratual, um modelo baseado unicamente no conceito de poupanças partilhadas seria mais vantajoso, na perspectiva de uma ESE, diminuindo os riscos de remuneração e salvaguardando a rendibilidade de exploração do projecto por parte desta. O modelo contratual baseado no conceito de poupanças garantidas, tal como é incluído no modelo Eco.Ap, só será razoável se existir um seguro de eficiência energética (seguro de garantia mútua) associado ao contrato, de forma a conceder garantias de crédito à ESE e a salvaguardar os riscos assumidos por esta.

Tal como referido no ponto 4 da cláusula 37.^a do Caderno de Encargos Tipo, quando se verifica uma poupança anual superior à que está definida na proposta do adjudicatário (ESE), este beneficia de 75% das economias de energia adicionais alcançadas. Contudo, na equação (5) do ponto 6.4.1 deste documento e de acordo com o anexo IV do Caderno de Encargos, está definido que a constante PP_I é de 75% e corresponde à partilha adicional para a entidade pública em função dos custos do *baseline*, o que contradiz o pressuposto anterior. A constante PP_I da equação deveria ser reformulada e estar em conformidade com o ponto 4 da cláusula 37.^a do Caderno de Encargos, assim como, corresponder apenas a 25% das economias de energia adicionais alcançadas, de forma, a diminuir a penalização da ESE nesta situação.

A fórmula proposta para o cálculo da remuneração da ESE relativa à redução de custos energéticos (devido a medidas de gestão de energia), tal como definida no ponto 6 do anexo IV do Caderno de Encargos e correspondente à equação (6) do presente documento, apresenta alguma incoerência. O parâmetro $CTEt$, para além de não ter definição, anula-se na fórmula não justificando a sua inclusão na mesma. De acordo com o disposto na cláusula 39.^a, o contraente público tem direito a uma percentagem do benefício económico resultante da redução de custos energéticos, no entanto a fórmula de cálculo anteriormente mencionada não é afectada com essa percentagem. Portanto, esta

fórmula deveria ser revista e reformulada. Desta forma, a equação (6) do presente documento deveria ser a seguinte:

$$RP_t = (\sum_{i=1}^n (CE\ i_t \times Tbl\ i_t) - \sum_{i=t+1}^n (CE\ i_{t+1} \times Tbl\ i_{tGEE})) \times PP_2 \quad (14)$$

onde,

PP_2 - partilha da poupança para a entidade adjudicante em percentagem das economias de energia resultantes da redução de custos energéticos.

De acordo com o artigo 35º do Programa de Procedimentos o concorrente seleccionado para a segunda fase do concurso, cuja proposta final não seja adjudicada, pode entregar à entidade pública o resultado da auditoria energética realizada, juntamente com os direitos de autor, tendo assim direito a um pagamento de compensação pelos custos incorridos com a auditoria energética, por parte da entidade pública. Neste ponto deveria ser definido um preço limite de auditoria à partida e uma metodologia de pagamento ao concorrente não seleccionado, de maneira a que, a entidade adjudicante tenha capacidade financeira de suportar esses custos e que o concorrente não adjudicado não corra riscos de remuneração.

• Tarifa de energia

Relativamente a tarifa energética a considerar em sede deste programa, esta é definida de acordo com o disposto no ponto 4 do anexo IV do Caderno de Encargos, tal como mostra a equação (13) deste documento. O parâmetro $Tbl\ i_0$ corresponde à tarifa da fonte de energia i , em euros por kWh, para o ano zero. Contudo a sua definição deveria ser mais explícita, definindo se essa tarifa corresponde a um valor médio anual ou à tarifa do mês de entrada em serviço do projecto. Deveria ser especificado se esta tarifa inclui as tarifas por classe tarifária, tendo em conta o custo marginal da energia, ou um valor médio de tarifa. Não é mencionado nenhuma tarifa referente à potência tomada em horas de pontas, esta deveria ser tida em conta e incluída nos cálculos da poupança energética.

De acordo com o disposto na cláusula 40.^a do Caderno de Encargos, a tarifa energética será revista anualmente e corrigida com o valor do Índice de Preços do Consumidor (IPC) efectiva no ano anterior, sem habitação.

Estudos da comissão europeia (*Energy roadmap 2050*) citam que os preços da energia eléctrica têm tendência a aumentar até 2020 e 2030, na ordem dos 30% (European Commission, 2012). De acordo com as previsões do Ministério das Finanças de Portugal, para os indicadores macroeconómicos, o valor do IPC irá diminuir até 2016 (Ministério das Finanças, 2012). Desta forma e tendo em conta os factos supracitados, a variação dos preços da energia não irá coincidir com a variação do IPC. Uma vez que a actualização da tarifa com base no IPC não reflecte os aumentos do preço da energia, a entidade adjudicante remunerará a ESE num valor mais baixo do que a redução real da factura energética. Numa perspectiva de garantir uma maior equidade na partilha dos riscos e benefícios dos projectos a implementar julga-se, desta forma, que seria de uma maior pertinência actualizar anualmente a tarifa de energia tendo em conta a média da tarifa real de energia aplicada para o ano referente aos procedimentos de M&V em causa.

• Condições financeiras

Tal como se pode verificar, na análise financeira realizada no ponto 6.4.2 do presente documento e através dos resultados obtidos, os cenários aderentes ao modelo Eco.Ap analisados para este caso de estudo específico (na Figura 28) não são favoráveis à implementação do projecto por parte da ESE, pois é expectável que, mesmo para o cenário que apresenta um maior VAL, a rentabilidade dos capitais investidos pela ESE neste projecto não compensem a execução do projecto e os riscos e responsabilidades envolvidos num contrato deste tipo. É de notar, que o projecto em estudo aborda a implementação de MRCE usuais para a substituição e melhoramento de sistemas de iluminação, e que o modelo Eco.Ap revelou-se contraproducente à implementação de um projecto deste tipo.

Tal como se pode constatar, da análise à Figura 29, a entidade adjudicante é a parte mais beneficiada na modalidade contratual avaliada e para este caso de estudo específico, sendo esta a que obtém uma

maior margem de proveitos (em custos evitados) na ordem dos 50%, sem ter quaisquer riscos e custos associados ao projecto. Para o cenário “Eco.Ap” em estudo, a ESE obtém uma margem de receitas de projecto significativamente mais baixa quando comparada com os custos evitados pela entidade adjudicante no final do período de vida útil do projecto. Desta forma, sugere-se a adopção de um modelo contratual mais equilibrado, distribuindo os proveitos equitativamente para ambas as partes, de forma diminuir os riscos assumidos pela ESE.

Em ordem de tornar o projecto mais viável e concretizável, na perspectiva de ESE, não deveria ser exigido nenhum valor mínimo percentual de poupança garantida à entidade adjudicante, devendo este critério ser definido pela ESE, de forma a distribuir os proveitos para ambas as partes em função da recuperação dos capitais investidos, garantindo a viabilidade e o interesse de um projecto deste tipo sob o modelo Eco.Ap.

7.1 Avaliação das propostas da ESE

De acordo com a análise realizada no ponto 6.4.3 do presente documento e com os resultados apresentados na Tabela 12, caso a ESE pretenda obter a melhor pontuação possível para adjudicação da proposta, terá de assumir riscos financeiros que poderão ser inoportunos e colocar em risco a viabilidade do projecto. A metodologia de avaliação proposta pode não favorecer a competitividade “saúdável” entre as ESE, uma vez que as empresas de grande dimensão terão mais vantagens sobre as empresas de pequena dimensão. As empresas de grande dimensão, que apostam numa economia de escala e têm uma maior capacidade financeira, podem ter menos custos fixos associados a um projecto deste tipo e ter maior capacidade de suportar projectos menos rentáveis, conseguindo encontrar um melhor balanço entre a duração de contrato e a percentagem de poupança garantida à instituição, de forma a alcançar a melhor pontuação possível. Este facto pode eliminar à partida as empresas de menor dimensão deste programa e dar apenas hipóteses às grandes empresas de irem a concurso, monopolizando este mercado para as grandes empresas e desfavorecendo o bom desenvolvimento do mercado ESE.

Em resumo, deveriam ser definidas condições que favorecessem o aumento da competitividade entre as ESE e o crescimento deste mercado, tais como: para cada ESE ser estipulado um limite de lotes⁸ a concorrer como proponente, definindo uma base de critérios para adjudicação das propostas; as grandes empresas serem obrigadas a estabelecer consórcios com pequenas e médias empresas, em função de determinados critérios, como por exemplo, o número de lotes a concorrer ou o volume de negócios no âmbito do Eco.Ap, de forma a alavancar as empresas com menor dimensão para o concurso (estes consórcios seriam baseados numa divisão de proveitos de projecto e responsabilização de forma equitativa e correspondente ao nível de trabalho efectivamente realizado pelas partes); as ESE proponentes cujas propostas fossem adjudicadas não poderiam concorrer como parceiros de outros consórcios, evitando proveitos indirectos.

Na fórmula proposta para o cálculo da pontuação de cada concorrente, equação (8) do ponto 6.4.3 deste documento, os parâmetros, VAL e VAL_{min} são expressos em kWh. O parâmetro VAL , designado por valor actualizado líquido, corresponde a um parâmetro financeiro, o que pode gerar alguma confusão na sua definição. Desta forma, sugere-se que estes parâmetros sejam designados de outra forma ou sejam expressos em € e não em kWh, tornando a sua definição válida.

7.2 Plano de medição e verificação

De acordo com o descrito no anexo III, parte 2, do Programa de Procedimentos Tipo, o plano de M&V deve definir planos para cada medida de eficiência energética, de acordo com o disposto no IPMVP. Esta condição exclui assim a escolha da opção C do IPMVP, que define um plano de M&V para toda a instalação. Como se depreende do caso de estudo apresentado e dos resultados obtidos para a M&V,

⁸ Lote designa-se por edifício ou amostra de edifícios associados a um CDE

para um conjunto de medidas implementadas os custos de M&V isolada podem-se tornar excessivamente dispendiosos, sendo mais viável a medição e verificação de toda a instalação afectada às MRCE. Tal como se demonstra no ponto 5.5 do presente documento, os custos de M&V para a opção B (seleccionada para a MRCE 2) e para o projecto global (incluindo os custos de M&V estimados para todas as medidas) ultrapassam o limite proposto pelo IPMVP, tornando-se desfavorável a escolha de metodologias de M&V isoladas para este caso. Infere-se desta forma que a opção C seria mais viável não só para este caso, como para inúmeras situações, diminuindo os custos de M&V do projecto. Uma vez que a ESE é responsável pela diminuição do consumo de toda a instalação e pela gestão de energia da mesma, e que os procedimentos de M&V são morosos na sua definição e dispendiosos na sua aplicação, sugere-se que a opção C seja enquadrada neste programa e considerada no Programa de Procedimentos Tipo. A inclusão desta opção poderá ser vantajosa para muitos projectos que abrangem este programa e diminuir os custos de M&V.

De acordo com a cláusula 25.^a do Caderno de Encargos, a fase de serviço das medidas tem início no primeiro dia do mês seguinte ao da recepção das medidas de eficiência energética que perfaçam, pelo menos, 75% do aumento da eficiência energética contratualizado e o adjudicatário (ESE) obriga-se à elaboração de relatórios individuais de medição e verificação de poupança para cada medida (de acordo com o anexo III do Programa de Procedimentos). Desta forma, com base nos estudos de M&V realizados no âmbito deste caso de estudo, constata-se que caso se opte por desfazer o tempo de entrada das medidas em serviço, ou seja, as que perfazem os 75% das restantes, e caso se elabore relatórios de M&V individuais, o período de reporte de cada uma não vai ser coincidente. Este último caso, pode trazer problemas ao nível do reporte da poupança global anual, o que se reflectirá no cálculo da remuneração anual da ESE e da entidade adjudicante. Esta situação pode ser resolvida incluindo a opção C do IPMVP como possível escolha para a elaboração de relatórios de M&V ou definindo o início da fase de serviço das medidas no primeiro dia do mês seguinte ao da recepção de todas as medidas previstas.

A revisão e ajustes da *baseline* não são permitidos quando são alterados os requisitos mínimos de serviço, tal como é imposto pela cláusula 26.^a do Caderno de Encargos. No anexo II do Caderno de Encargos (tabela de requisitos mínimos pode ser consultada em anexo VI na Tabela 49) é definido que os requisitos mínimos de serviço devem reflectir as condições actuais de utilização do edifício. Neste caso, deveria ser estipulado um procedimento a adoptar para os casos em que as condições actuais não respeitem os requisitos mínimos exigidos por documentos normativos em vigor (tais como, níveis de iluminação, condições de conforto, etc.), pois estes devem ter em conta a legislação em vigor e não unicamente as condições actuais do edifício. Caso a entidade adjudicante pretenda melhorar os requisitos do edifício, na sequência da intervenção proposta ou haja necessidade de cumprir com exigências normativas que decorram durante o período de contrato, deveriam ser permitidas revisões e ajustes à *baseline* e deveria ser definida uma metodologia para tal.

O principal objectivo da ESE e da entidade pública é a promoção da eficiência energética e a redução dos consumos energéticos da instalação. Portanto deveria ser autorizada à ESE alterar as MRCE implementadas durante a fase inicial de serviço, tendo em vista a melhoria do desempenho energético das mesmas. Para tal, deveria ser facultada à ESE a possibilidade de realizar procedimentos de M&V intercalares aos previstos, de maneira a garantir a melhoria no reporte da poupança e a sua concordância com o previsto.

De acordo com o artigo 20º do Programa de Procedimento Tipo, as propostas preliminares apresentadas pelos concorrentes devem ser constituídas de um documento em que conste o plano de M&V. Nesta fase em que a ESE ainda não sabe se a respectiva proposta é adjudicada, pode não ser rentável desenvolver todos estes estudos, tendo em conta o tempo e custos despendidos. Desta forma, seria mais sensato requerer o plano M&V após a adjudicação da proposta final ou optar pela opção C indexada à auditoria energética realizada, uma vez que a *baseline* de consumo definida para o modelo contratual avaliado corresponde às facturas energéticas do edifício afecto à intervenção dos concorrentes, favorecendo a adopção de metodologias de M&V para toda a instalação.

8. Conclusões

A auditoria energética realizada ao edifício do Campus do LNEG permitiu identificar potenciais medidas de racionalização de energia, nomeadamente as afectas ao sistema de iluminação. Em termos globais estima-se que as medidas preconizadas permitam, no seu todo uma redução anual na ordem dos 53% do consumo de energia do sistema de iluminação interior. Comparativamente ao consumo global de energia do Campus do LNEG no ano de referência (2011), definido como *baseline*, estima-se uma redução do consumo de energia próxima dos 10%. Tendo em conta que o requisito mínimo de poupança face à *baseline*, estipulado para o programa Eco.Ap, é de 15% e que este projecto incidiu apenas sobre o sistema de iluminação, é expectável que essa meta seria facilmente atingida, caso o mesmo incluísse a análise a outros sistemas consumidores.

Da análise efectuada aos modelos propostos para o programa Eco.Ap (versões colocadas para consulta pública em Março de 2012), em sede deste caso de estudo, retiram-se as seguintes conclusões:

- O projecto em estudo aborda MRCE válidas cuja implementação se revela inviável sob o modelo Eco.Ap, podendo comprometer a meta ambiciosa dos 30% de economias de energia definida inicialmente no programa.
- Os resultados obtidos na análise financeira do projecto mostram que a aplicação do modelo Eco.Ap, para este caso de estudo específico, inviabiliza o interesse do projecto na perspectiva de uma ESE. A metodologia proposta para a remuneração da ESE acarreta todos os riscos para esta sem quaisquer contrapartidas, não indo ao encontro do principal objectivo de um CDE, a partilha de riscos entre as partes.
- No âmbito do Eco.Ap, um modelo contratual baseado unicamente no conceito de poupanças partilhadas seria mais vantajoso, na perspectiva de uma ESE, diminuindo os riscos de remuneração e salvaguardando a rentabilidade de exploração do projecto por parte desta.
- Na modalidade contratual avaliada e para este caso de estudo específico, a entidade adjudicante é a parte mais beneficiada financeiramente, sem ter quaisquer riscos e custos associados ao projecto. O modelo contratual deveria ser mais equilibrado, permitindo à ESE distribuir os proveitos para ambas as partes em função da recuperação dos capitais investidos, de modo a garantir a viabilidade e o interesse de um projecto deste tipo sob o modelo Eco.Ap.
- Estes modelos revelam também incoerência entre algumas cláusulas apresentadas e as metodologias de cálculo propostas, nomeadamente nos métodos definidos para a remuneração da ESE e para a avaliação das propostas.
- A metodologia de avaliação das propostas da ESE pode não favorecer a competitividade “saúdável” entre estas, favorecendo as empresas de grande dimensão em concurso. Desta forma, deveriam ser definidas condições que garantissem a equidade entre as ESE em concurso, potenciando a competitividade e o desenvolvimento do mercado ESE.
- Os procedimentos de M&V são bastante importantes para garantir a quantificação real da poupança e diminuir os riscos associados a um CDE. A inclusão da opção C do IPMVP deveria ser tida em conta nestes procedimentos, diminuindo consideravelmente os custos de M&V e consequentemente a viabilidade de implementação das MRCE, permitindo uma maior eficácia na avaliação de toda a instalação e na gestão de energia da mesma.

Desta forma, existem alguns pontos que deveriam ser alterados, de forma a favorecer a viabilidade de um projecto deste tipo, na perspectiva de ESE, assim como permitir a inclusão de mais entidades e ESE neste programa e tornar o modelo contratual mais justo e equilibrado.

Caso o programa Eco.Ap seja um fracasso pode descridibilizar o mercado ESE e inviabilizar a promoção de CDE. Desta forma, a adopção de um modelo contratual que se adequa a ambas as partes, conduzindo aos benefícios desejados de forma equilibrada, irá certamente contribuir para a aceitação do conceito ESE e para ultrapassar a desconfiança deste mercado. Uma das grandes barreiras deste programa estará relacionada com o financiamento de projectos deste tipo, pois as ESE não terão

capacidades financeiras para assumirem os investimentos necessários e os consequentes riscos envolvidos num CDE, sendo que a solução irá passar seguramente pelo financiamento de terceiros ou recorrendo a fundos de eficiência energética.

Contudo, este programa é um excelente incentivo do Governo Português que poderá servir de alavanca para o desenvolvimento do mercado ESE em Portugal e criar um *cluster* de engenharia ligado à eficiência energética. O estado pode aqui dar um bom exemplo e servir de modelo para outros sectores de actividade, funcionando como referência para outros clientes e entidades financeiras.

Existe um grande potencial de eficiência energética em Portugal, que tenderá a aumentar à medida que os preços da energia subam e que as exigências legais aumentem. Portanto, o sucesso deste programa irá evidentemente ditar o futuro do mercado dos serviços energéticos, bem como a concretização dos objectivos de redução de consumo de energia definidos para a ENE 2020.

9. Trabalho futuro

Neste capítulo abordam-se as matérias que poderão ser desenvolvidas/aprofundadas, tendo em conta o trabalho desenvolvido até aqui. Desta forma, ficam aqui algumas sugestões:

- Investigar com maior detalhe a influência da actualização da tarifa de energia com base no IPC, comparativamente com a actualização da tarifa de energia tendo em conta a média da tarifa real de energia, analisando os riscos e os benefícios associados.
- Aplicar o modelo Eco.Ap para um caso de estudo mais abrangente, incluindo a análise a outro tipo de sistemas consumidores ou a uma amostra de edifícios.
- Analisar a aplicação dos conceitos de poupanças garantidas e de poupanças partilhadas separadamente, no âmbito do Eco.Ap, com o intuito de encontrar o modelo mais viável.
- Investigar sobre mecanismos de financiamento que garantam um bom desenvolvimento do programa.
- Estudar metodologias expeditas de avaliação prévia e de medição e verificação do desempenho energético, em sede do programa Eco.Ap, servindo de ferramenta de apoio ao desenvolvimento e concretização das funções técnicas imputadas aos gestores locais de energia e permitindo às ESE funcionarem na mesma base, durante a fase inicial do concurso.

10. Bibliografia

- ADENE. (2012). *Agência para a Energia*. Obtido de 2012 ADENE - Agência para a Energia: <http://www.adene.pt/>
- ADENE. (Março de 2012). ECO.AP. *Programa de Procedimento Tipo (versão draft)* .
- ADENE. (Março de 2012). ECO.AP. *Caderno de Encargos Tipo (versão draft)* .
- AEPCA. (2000). *A Best Practice Guide to Energy Performance Contracts*. Commonwealth of Australia.
- AEPCA. (2004). *A Best Practice Guide to Measurement and Verification of Energy Savings*. Commonwealth of Australia.
- António Mota, C. C. (2006). *Finanças da Empresa*. Booknomics.
- APESENERGIA. (2011). *APESENERGIA Associação Portuguesa de Empresas de Serviços de Energia*. Obtido de <http://www.apese.pt>
- ASHRAE. (2003). Energy Use and Management. In *Applications Handbook*.
- ASHRAE. (2002). Measurement of Energy and Demand Savings. In *ASHRAE Guideline 14-2002*.
- Berkeley Lab. (s.d.). *Measurement & Verification Portal*. Obtido de <http://mnv.lbl.gov/>
- Bertoldi P., B.-K. B. (2007). *Latest Development of Energy Service Companies across Europe - A European ESCO Update*. European Communities.
- Bertoldi P., M. A. (2010). *Energy Service Companies Market in Europe - Statuts Report 2010*. JRC Scientific and Thecnical Reports.
- Bertoldi, P. a. (2005). *Energy Service Companies in Europe Status Report*. Italy: European Commission DG Joint Research Center.
- Bertoldi, P. H. (2006). *Liberating the power of Energy Services and ESCOs for the residential sector in a liberalised energy market*. London: EEDAL.
- Bleyl, J. W., & Schinnerl, D. (2008). Opportunity cost tool, comparison and evaluation of financing options for energy contracting projects. In *A manual for ESCOs, ESCO costumers and ESCO project developers*. IEA DSM.
- Bureau of Energy Efficiency. (2005). Energy Management and Audit. In *General Aspect of Energy Management and Energy Audit*.
- Change Best. (2011). *Change Best - Energy Efficiency Services*. Obtido de <http://www.changebest.eu/>
- Chauvin Arnoux Group. *Analizador de Red Electrica Trifasico - Manual de Instrucciones*.
- Decreto de Lei n.º 319/2009. (2009). *Serviços Energéticos*.

- Decreto-Lei n.º 29/2011. (2011). *Contratos de Gestão de Eficiência Energética*.
- DGEG. (2012). *Direcção Geral de Energia e Geologia*. Obtido de <http://www.dgeg.pt/>
- DGEG. (2002). *Eficiência Energética nos Edifícios*. Direcção Geral de Energia - Ministério da Economia.
- DGEG. (2011). *Energia em Portugal, Principais Números*.
- Dial. (s.d.). *Dial Light. Building. Software*. Obtido de 2012 DIAL GMBH: <http://www.dial.de/DIAL/>
- Eco.Ap. (2012). *Portal do Programa Eco.Ap*. Obtido de <http://ecoap.adene.pt/>
- EDP. (2009). *EDP Serviço Universal*. Obtido de <http://www.edpsu.pt/pt/Pages/homepage.aspx>
- Empresa Hermann Biener. (s.d.). Entrecampos, Lisboa.
- EN 12464-1. (2002). Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor. In *Norma Europeia EN 12464-1*. Bruxelles.
- EN 16247-1. (2012). *Energy Audits - Part 1*.
- European Association of Energy Services Companies. (2011). *Energy Performance Contracting in the European Union*. Eu.bac.
- European Commission. (2012). *Energy Roadmap 2050*. European Union.
- EVO. (2012). *Efficiency Valuation Organization*. Obtido de Copyright © 2012. Efficiency Valuation Organization (EVO): <http://www.evo-world.org/>
- EVO. (2009). *IPMVP - Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético*. Efficiency Valuation Organization.
- Ferreira, J. d. (1993). *Economia e Gestão de Energia*. AD MESURAM.
- Fonseca, P. e. (2009). Task 2.1: National Report on the Energy Efficiency Service Business in Portugal. In *Change Best - Energy Efficiency Services*. ISR, University of Coimbra.
- IPI. (2009). *IPI - Indústria de Produtos de Iluminação*. Obtido de Indústria de Produtos de Iluminação, S.A.: <http://www.ipi.com.pt/>
- Isolani, P. (2008). *EnerBuilding - A Utilização Racional de Energia em Edifícios Públicos*. Lisboa.
- Kummer, J. (2011). *Measurement and verification of energy savings*. Institute for Building Efficiency.
- Langlois, P. (2009). Measurement and Verification and the IPMVP. In *EPC Toolkit for Higher Education*. Clinton Foundation.
- LNEG. (s.d.). Obtido de www.lneg.pt

- Magueijo, V. F. (2010). *Medidas de Eficiência Energética Aplicáveis à Indústria Portuguesa: Um Enquadramento Tecnológico Sucinto*. ADENE.
- Ministério das Finanças. (2012). *Documento de Estratégia Orçamental 2012-2016*. Lisboa.
- NAESCO. (s.d.). *National Association of Energy Service Companies*. Obtido de ©2011 NAESCO, Inc.: <http://www.naesco.org/>
- Osram. (2012). *Osram*. Obtido de http://www.osram.pt/osram_pt/
- Osram. (2012). *Osram Online Training*. Obtido de www.myOSRAM.com
- Philips. (2004-2012 Koninklijke Philips Electronics). *Lighting Philips*. Obtido de <http://www.lighting.philips.pt/>
- Philips. (2004-2012). *Philips Sense and Simplicity*. Obtido de <http://www.philips.pt/>
- Pordata. (2012). *Pordata - Base de Dados Portugal Contemporâneo*. Obtido em 2012, de <http://www.pordata.pt>
- Portal ERSE. (s.d.). Obtido de <http://www.erse.pt>
- RCM 67/2012. (2012). *Resolução do Conselho de Ministros n.º 67/2012*.
- Revista Climatização. (Junho de 2012). Climatização - Edifícios e Energia. n.º 81, pp. 18-20.
- Revista Climatização. (Abril de 2012). Edifícios e Energia. *Eco.Ap, A Oportunidade que faltava?*
- Rui Medeiros. (Novembro 2011). *Eficiência Energética nos Edifícios Públicos e Modelo de Contratação Pública das ESE*.
- Staff, Z. (2004). *The Lighting Handbook*.
- Thumann, A. Y. (2008). *Handbook of Energy Audits - Seventh Edition*. The Fairmont Press.
- U.S. Department of Energy. (2008). FEMP (Federal Energy Management Project). In *Measurement and Verification for Federal Energy Projects Version 3.0*. Nexant, Inc.
- Ürge-Vorsatz, D. K. (2007). *An Assessment of on Energy Service Companies (ESCOs) Worldwide*. Central European University.
- Vine, E. (2005). *An international survey of the energy service company (ESCO) industry*.

11. Anexos

Anexo I – Instrumentação utilizada em auditorias energéticas

Tabela 15 - Instrumentos fundamentais para auditorias energéticas (Bureau of Energy Efficiency, 2005)

Tipo de Instrumento	Designação	Descrição
Instrumentos de medição eléctrica	Wattímetro	Medem os principais parâmetros eléctricos, como, kVA, kW, PF, Hz, kVAr, Amperes e Voltagem. Alguns também medem harmónicos.
	Analizador de Redes	Este tipo de aparelhos podem realizar medidas pontuais ou medidas contínuas especificando um determinado intervalo de tempo entre as leituras (Ex.: monitorização de uma carga eléctrica durante um determinado período de tempo).
Medição de sistemas de combustão	Analizador de Combustão	Este instrumento contém células químicas que medem vários gases, tais como, O ₂ , CO, NO _x e SO _x .
	Monitor de eficiência de combustível	Mede o oxigénio e a temperatura do gás de combustão. Valores de poder calorífico de combustíveis comuns são introduzidos num microprocessador, no qual calcula a eficiência da combustão.
	Analizador de Gases	Este é utilizado para medir a quantidade de O ₂ e o CO ₂ .
Medição de Temperaturas	Termómetro	São termopares que podem medir a temperatura (em grau célsius, °C) de gases, líquidos ou superfícies.
	Termómetro Infravermelho	A medição é feita sem contacto, quando dirigida a uma fonte de calor fornece uma temperatura correspondente. Este instrumento é útil para medição de pontos quentes num forno ou temperaturas de superfícies.
Medição do desempenho do sistema AVAC	Tubo de <i>Pilot</i> e manómetro	Medem a velocidade do ar em condutas, que pode ser utilizado posteriormente em cálculos de fluxo.
	Medidor de caudais de água	Este dispositivo não está em contacto com o fluido e possui um transmissor e um receptor que estão posicionados em lados opostos do tubo. Este mede directamente o fluxo do fluido, através de efeitos sonoros.
	Psicrómetro	São utilizados para medir a humidade relativa. Basicamente estes são termómetros de <i>bulbo</i> seco e <i>bulbo</i> húmido que relacionam essas duas temperaturas.
Medição do nível de luminosidade	Luxímetro	São instrumentos constituídos por uma célula fotoelétrica. Estes detectam a saída da luz e convertem para sinais eléctricos que são calibrados como <i>Lux</i> .

Anexo II – Inventário do sistema de iluminação

Tabela 16 - Inventário do sistema de iluminação interior do edifício

Tipo de Divisão	Tipo de iluminação	Tipo de armadura	Balastro	Nº de lâmpadas	Nº lâmpadas fundidas	Potência/Lâmpada (W/Lâmp)	Potência instalada (kW) *
Zonas de Circulação	FC 8W	A1	E	25	5	8	0,2
	FC 21W	A1	E	4	1	21	0,084
	FT 36W T8	A1	FM	128	7	36	5,76
	FT 36W T8	A2	FM	42	2	36	1,89
	FT 18W T8	A3	FM	21	4	18	0,4725
	FT 18W T8	A4	E	36	0	18	0,648
WC	FC 8W	A1	E	126	40	8	1,008
	FC 21W	A1	E	8	1	21	0,168
Laboratório	FT 36W T8	A2	FM	236	12	36	10,62
Gabinets (Piso -2 e -1)	FT 36W T8	A1	FM	4	0	36	0,18
	FT 36W T8	A2	FM	32	0	36	1,44
	FT 18W T8	A4	E	44	0	18	0,792
Gabinets (Piso 0)	FT 36W T8	A2	FM	16	0	36	0,72
	FT 36W T8	A2	E	64	0	36	2,304
Gabinets (Piso 1 e 2)	FT 36W T8	A2	FM	606	10	36	27,27
	FT 36W T8	A2	E	44	0	36	1,584
	FT 18W T8	A4	E	32	0	18	0,576
Gabinets (Piso 3)	FT 36W T8	A2	FM	186	0	36	8,37
	FT 36W T8	A2	E	36	0	36	1,296
Salas de Reunião	FT 36W T8	A2	FM	72	0	36	3,24
Biblioteca /Sala de Arquivo	FT 58W T8	A2	FM	138	6	58	10,005
Auditório	FT 58W T8	A2	FM	6	0	58	0,435
	Halógeno 60W	-	-	94	9	60	5,64
Armazém	FT 58W T8	A1	FM	268	24	58	19,43
Salas de Arquivo	FT 36W T8	A2	FM	18	0	36	0,81
	FT 58W T8	A1	FM	28	0	58	2,03
Entrada/recepção	FT 36W T8	A2	FM	90	14	36	4,05

Anexo III – Características do novo sistema de iluminação

Tabela 17 - Características das novas luminárias para Gabinetes e Biblioteca (IPI, 2009)

Luminárias - IPI (c/ balastro electrónico integrado suporte G5)					
Tipo de Armadura	Ref. ^a	C*L*A	Rasgo de encastramento	Preço €/unidade	Preço c/desconto €/unidade
A1	EURO T5/P03 1x21W BE	1195x145x63	1185x135	79,8	47,88
A2	EURO T5/P03 2x21W BE	895x295x55	1185x285	94	56,4

Tabela 18 - Características das novas lâmpadas para Gabinetes e Biblioteca (Philips, 2012)

Lâmpadas Fluorescentes - Philips MASTER TL5 HE super 80 (casquilho G5)					
Potência	Fluxo lum. (lm)	Eficácia (lm/W)	Preço €/unidade	Preço c/desconto €/unidade	Tempo de Vida (horas)
21W/840	2625	93	8,82	5,292	19000

Tabela 19 - Características das novas lâmpadas para a entrada principal (Osram, 2012)

Lâmpada LED - Osram LEDVANCE DownLight M 840 L36 WT						
Potência	Fluxo lum. (lm)	Eficácia (lm/W)	Diâmetro (mm)	Preço €/unidade	Preço c/desconto €/unidade	Tempo de Vida (horas)
20W	1000	50	140	155	93	50000

Tabela 20 - Características das novas lâmpadas para zonas de circulação (Osram, 2012)

Lâmpada LED - Osram LEDVANCE DownLight M 840 L36 WT						
Potência	Fluxo lum. (lm)	Eficácia (lm/W)	Diâmetro (mm)	Preço €/unidade	Preço c/desconto €/unidade	Tempo de Vida (horas)
13,5 W	700	50	80	98	58,8	50000

Anexo IV – Preços da Energia

Tabela 21 - Tarifário de Venda de Energia em Janeiro 2012 (EDP, 2012)

Tarifário em MT – EDP Universal	
Classe Tarifária	Tarifa (€/kWh)
Horas de Ponta	0,1253
Horas de Cheia	0,0945
Horas de Vazio	0,0589
Horas de Super Vazio	0,0552
Tarifário de Potência de Pico (€/kW.dia)	
Dia útil	0,2754
Dia não útil	0,2972

Anexo V – Planos de M&V

• MRCE 1 – Opção A

○ Objectivo da MRCE e o seu impacto nas condições de funcionamento

O objectivo da MRCE em questão é substituir as luminárias existentes em zonas de circulação por luminárias LED mais eficientes. Pretende-se reduzir a potência de iluminação instalada nestes locais, mantendo os níveis de iluminação recomendados. Uma vez que o nível de iluminação simulado, para o tipo de iluminação existente, se encontra acima do valor recomendado para este tipo de locais, prevê-se que após a implementação da MRCE os níveis de iluminação baixem, mas que permaneçam aceitáveis para zonas de circulação.

○ Opção do IPMVP e Fronteira de Medição

A opção seleccionada para determinar a poupança da MRCE é a opção A - “medição dos parâmetros chave”, tal como definido no volume I do IPMVP, EVO 10000 - 1:2009. O consumo de energia é a quantidade medida e as horas de operação é a quantidade estimada.

A fronteira de medição inclui apenas as 149 luminárias sujeitas a substituição. As medições serão feitas apenas a uma amostra aleatória e representativa do sistema de iluminação afecto à MRCE.

Relativamente a *efeitos interactivos*, a redução da potência instalada em iluminação poderá interagir com o sistema AVAC. Contudo, é expectável que a redução da potência em causa tenha um impacto insignificativo nos consumos do sistema AVAC, face ao calor sensível emitido por este tipo de lâmpadas ser bastante reduzido. Caso exista alguma influência, considera-se que o consumo adicional da caldeira, para este efeito, seria compensado com as economias de consumo do *chiller*, durante os meses de arrefecimento. Desta forma, os *efeitos interactivos* são ignorados.

○ Situação de referência

Período

O consumo de referência foi obtido a partir de medições instantâneas da potência consumida por um universo de 34 luminárias e da estimativa das horas de funcionamento, durante o dia 16 de Abril de 2012. Visto que se tratam de cargas puramente resistivas, o período associado a cada medição corresponde ao período necessário para a estabilização dos valores fornecidos pelo equipamento de análise.

Condições

Os *factores estáticos* identificados dentro da fronteira de medição, para o período de referência, incluem um inventário do sistema de iluminação realizado durante o período auditado, nível de iluminação e períodos de funcionamento.

A Tabela 22 apresenta o inventário realizado ao sistema de iluminação afecto à MRCE, nas zonas de circulação. As luminárias existentes são equipadas com balastros ferromagnéticos e com uma lâmpada tubular fluorescente do tipo T8 cada. Estas estão encastradas no tecto falso e possuem difusor em acrílico liso opalino, que tem a função de homogeneizar os níveis de iluminação em todo o espaço.

Tabela 22 - Características do sistema de iluminação

Tipo de Divisão	Tipo de iluminação	Tipo de armadura	Tipo de Balastro	Potência (W/Lâmpada)	Nº luminárias
Zonas de Circulação	Tubular FL T8	A1	FM	36	149

A Tabela 23 mostra os resultados médios dos níveis de iluminação medidos e simulados para o mesmo local. Os valores simulados, através do *software DiaLux*, têm em conta as mesmas dimensões e condições do local, bem como a localização e o mesmo tipo de iluminação. As simulações foram realizadas para um sistema de iluminação novo, ou seja, a funcionar com a máxima eficiência. Os níveis de iluminação medidos não são inferiores ao valor recomendado, contudo são significativamente mais baixos que os níveis simulados. É de notar, que o sistema de iluminação existente pode estar em fim de vida útil e as luminárias têm sujidade acumulada, factores estes que contribuem para a redução dos níveis de luminosidade.

Tabela 23 – Níveis de luminosidade

Tipo de Divisão	Nível de luminosidade medido (Lux)	Valor recomendado – EN 12464 (Lux)	Valor Simulado – <i>DiaLux</i> (Lux)
Zonas de Circulação	100	100	240

Os níveis de iluminação devem ser medidos antes e depois da implementação da MRCE.

A Tabela 24 apresenta os períodos de funcionamento do sistema de iluminação. Estes dados foram determinados com base em informações dadas pelos funcionários e utentes do edifício.

Tabela 24 – Períodos de funcionamento do sistema de iluminação

Tipo de Divisão	Horário de funcionamento	Horas/dia	% Utilização dia útil	% Utilização dia não útil
Zonas de Circulação	5h – 20h	15	100	50%

Tamanho da Amostra

O sistema de iluminação das zonas de circulação do edifício é alimentado por diversos quadros parciais divididos pelos vários pisos do edifício. A alimentação é feita a 220V. De maneira a obter o consumo de referência determinou-se uma amostra homogénea e representativa de toda a população. O anexo B-3 do IPMVP (volume I, 2009) descreve o método utilizado para determinar o tamanho da amostra de um grupo consumidor.

Os critérios de precisão e intervalo de confiança seleccionados têm em conta a experiência em projectos do mesmo tipo e o grau de precisão pretendido em função dos custos de M&V. Normalmente, para projectos deste género, é aceitável uma precisão de $\pm 10\%$ e um intervalo de confiança de 90%.

O tamanho da amostra inicial foi calculado com base na seguinte equação estatística:

$$n_0 = \frac{Z^2 * CV^2}{e^2} \quad (15)$$

Onde:

Z - valor padrão de distribuição normal, para um número infinito de leituras e um intervalo de confiança desejado (Quadro B-1, IPMVP);

CV - Coeficiente de Variância;

e - nível de precisão desejado.

A Tabela 25 apresenta o número total de luminárias, os parâmetros utilizados para determinar a amostra inicial e o respectivo resultado. Para um intervalo de confiança de 90%, a precisão desejada é de 0,1. O z tabelado é de 1,64. O CV assumido foi estimado com base na média entre o CV proposto pelo IPMVP (CV=0,5) e o CV calculado para os valores diários do consumo de energia eléctrica do quadro geral “QGBT1”, monitorizado durante uma semana.

Tabela 25 - Parâmetros de Amostragem

População	Nº luminárias	Z	e	CV assumido	n_0
Zonas de Circulação	149	1,64	0,1	0,4	44

O coeficiente de variância foi calculado através da seguinte equação:

$$CV = \frac{s}{\bar{y}} \quad (16)$$

Onde, s é o desvio padrão das leituras e \bar{y} é a média de leituras.

De forma a reduzir o tamanho da amostra, mantendo o intervalo de confiança de 90%. Se a população para amostragem não for 20 vezes superior ao tamanho da amostra inicial, pode-se aplicar a seguinte equação:

$$n = \frac{n_0 * N}{n_0 + N} \quad (17)$$

Em que, n_0 representa o tamanho da amostra inicial e N é o tamanho da população.

A Tabela 26 fornece os resultados finais de amostragem. Com a aplicação da equação (16) reduziu-se a amostra para 34 luminárias.

Tabela 26 - Resultados finais de Amostragem

População	Tamanho da População (N)	Tamanho inicial da Amostra (n_0)	Tamanho Final da Amostra (n)
Zonas de Circulação	149	44	34

Após as medições, o CV deve ser recalculado e a precisão pode ser obtida novamente através da simples manipulação algébrica da equação (15). A precisão pode ser assim determinada da seguinte forma:

$$e = \frac{Z * CV}{\sqrt{n}} \quad (18)$$

Onde, CV é coeficiente de variância actual e n é o tamanho real da amostra.

Consumo de referência

A Tabela 27 mostra os valores das potências instantâneas, obtidas a partir das medições pontuais efectuadas, e respectivos pontos de medição. O tamanho real da amostra representa o número total de luminárias que foram medidas. Este valor é superior ao tamanho da amostra definido anteriormente, diminuindo assim os erros de amostragem e aumentando a precisão da medição.

A média de potência por luminária foi calculada com base na divisão entre a potência instantânea medida em cada ponto e o número de luminárias em funcionamento. O CV actual foi calculado, a partir da equação (15), tendo em conta a média dos valores de potência de cada luminária e o desvio padrão calculado. Uma nova precisão foi calculada, através da equação (17) (ver Tabela 27). A precisão e os CV obtidos indicam uma maior aceitabilidade face aos valores anteriormente estimados.

Tabela 27 - Medições pontuais e respectivos pontos de medição

Tamanho Real da Amostra	Ref. Quadro	Disjuntor	Nº luminárias medidas	Potência Activa medida (W)	Nº Lâmpadas fundidas	Média Potência por luminária (W/luminária)	CV actual	Precisão (90% confiança)
43	Q.E. 1	7-iluminação	14	714	0	51	0,02	1%
		B.3	15	608	3	50,7		
		C.9	14	584	2	48,7		
TOTAL			43	1906	5	50,2		

Durante o período de referência, 89% das luminárias existentes nas zonas de circulação estavam em operação.

De acordo com a opção A, o consumo de referência (em kWh) é calculado da seguinte forma:

$$\text{Consumo de Referência} = \text{Valor estimado} \times \text{Parâmetro medido} \times \text{fracção de luminárias em operação} \pm \text{ajustes não periódicos às condições do período de reporte (19)}$$

Onde:

Parâmetro medido – é o nº total de luminárias da população multiplicado pela média de potência obtida para cada luminária;

Valor estimado – estimativa anual das horas de operação;

Fracção de luminárias em operação – é a % de luminárias que estão em condições de funcionamento.

A Tabela 28 apresenta os resultados obtidos para o consumo de referência.

Tabela 28 - Resultados do Consumo de Referência

Nº Total Luminárias medidas	% luminárias em funcionamento	Média de Potência medida (kW/luminária)	Estimativa Anual das horas de funcionamento	Consumo de Referência (kWh)
43	89	0,0502	4.680	31.000

○ Situação Pós-medida

Período de Reporte

O período de reporte deverá ser imediatamente após a implementação da MRCE. Este período será correspondente ao período necessário para realizar as medições instantâneas e permitir a estabilização dos valores fornecidos pelo equipamento de análise.

Condições

As condições do período de reporte serão as mesmas do período do consumo de referência, à excepção do tipo de iluminação. A Tabela 29 apresenta as características do novo sistema de iluminação.

Tabela 29 - Características do novo sistema de iluminação

Tipo de Divisão	Tipo de iluminação	Tipo de armadura	Tipo de Balastro	Potência (W/luminária)	Nº luminárias
Zonas de Circulação	LED Downlight	A1	-	13,5	149

Durante o período de reporte deverá ser verificado se os níveis de iluminância para o novo sistema de iluminação estão em conformidade com o valor recomendado para zonas de circulação (de acordo com a norma EN 12464-1).

Consumo do Período de Reporte

O consumo do período de reporte será obtido a partir medições instantâneas da potência consumida por um universo de 34 luminárias, sendo que a estimativa das horas de operação será a mesma do período de referência.

As medições instantâneas terão de ser efectuadas nos pontos de medição (disjuntores) referidos anteriormente para o período de referência. É de referir, que a MRCE em questão não alterará o número de luminárias instaladas, ou seja, o tamanho da amostra será igual.

A Tabela 30 apresenta os pontos de medição definidos e o número de luminárias que serão medidas em cada ponto.

Tabela 30 - Pontos de medição

Tamanho Real da Amostra	Ref. Quadro	Disjuntor	Nº luminárias medidas
43	Q.E. 1	7-iluminação	14
		B.3	15
		C.9	14

A mesma fracção de luminárias em condições de operação no período de referência deverá ser considerada para este período. Ou seja, para efeitos de cálculo considera-se que apenas 89% das luminárias instaladas estão em condições de funcionamento.

○ Poupança a Reportar

A poupança da MRCE a reportar, é baseada na diferença entre o consumo de referência e o consumo do período de reporte. Para esta opção é definido que a potência instantânea é o único parâmetro medido antes e depois da MRCE, as horas de operação anual são estimadas e consideradas as mesmas para os dois períodos.

A poupança de energia anual (em kWh) pode ser calculada através da seguinte equação:

$$\begin{aligned} \text{Poupança} = & \\ & ((\text{Período de referência, Potência medida} \pm \\ & \text{ajustes não periódicos às condições do período de reporte} - \text{Período de reporte, Potência} \\ & \text{medida}) * \text{fracção de luminárias em operação} * \text{Estimativa Anual Horas de Operação}) \quad (20) \end{aligned}$$

A poupança económica (em €) pode ser calculada da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} \text{Poupança económica} = & ((\text{Consumo referência} - \text{Consumo do período de reporte}) * \\ & \text{custo marginal}) + \\ & ((\text{Potência de Ponta medida no período de referência} - \\ & \text{Potência de Ponta medida no período de reporte}) * \text{nº dias} * \text{Tarifa de Potência de Ponta}) \quad (21) \end{aligned}$$

○ Especificações do contador

Existem três pontos de medição, tal como já tinha sido referido anteriormente (ver Tabela 30), que pertencem ao mesmo quadro parcial. As especificações do contador utilizado são apresentadas na Tabela 31. O contador utilizado no período de referência deverá ser o mesmo no período de reporte.

Tabela 31 - Especificações do contador

Aplicação	Categoria do Contador	Referência do Contador	Precisão típica
Potência elétrica AC (Watt)	Wattímetro rms ou contador de energia	C.A. 8332B	1 %

○ Precisão esperada

Neste processo de determinação de poupança estão incluídos três tipos de erros. Erros de medição associados à precisão do contador, à sua má calibração ou ao seu uso incorrecto. Erros de amostragem que variam consoante o tamanho da amostra a ser medido. Erros de estimativa, associados à incerteza das horas de operação da situação de referência do sistema de iluminação. A Tabela 32 apresenta as precisões esperadas para cada um dos parâmetros e para o consumo de referência, para um intervalo de confiança de 90%.

Tabela 32 - Precisões esperadas (MRCE 1 - opção A)

Parâmetro	Precisão (%)
Amostragem	1%
Medição instantânea	1%
Horas de operação	20%
Consumo de Referência	20%

Os valores foram calculados com base nas metodologias definidas no anexo B-5, no volume I do IPMVP, EVO 10000 - 1:2009.

○ Custos de M&V

Os custos de M&V para esta MRCE estão associados ao número de medições realizados durante o período do consumo referência. Contudo, este preço poderá variar consoante o número de medições e inspecções periódicas a realizar no período de reporte. A Tabela 33 apresenta os custos das medições efectuadas no período de referência (LNEG).

Tabela 33 - Custos de M&V no período de referência, opção A

Tipo de medição	Nº de medições	Custo/medição (€/medição)	Custo Total (€)
Medição instantânea	3	70	210

Outros custos adicionais não foram considerados, assim como, custos relacionados com requerimentos de incerteza e com a elaboração do relatório de poupança.

Os custos médios típicos anuais de M&V não devem ultrapassar 10% da poupança média anual a ser avaliada (EVO, 2009).

- **MRCE 2 – Opção B**

- **Objectivo da MRCE e seu impacto nas condições de funcionamento**

O objectivo desta MRCE é a substituição das luminárias existentes nos gabinetes por luminárias mais eficientes, reduzindo assim a potência de iluminação instalada. Pretende-se que os níveis de iluminação atinjam os níveis recomendados para este tipo de locais (norma EN 12464-1). Outro objectivo é reduzir o tempo de funcionamento do sistema de iluminação, alterando o modo de controlo da iluminação nos gabinetes.

- **Opção do IPMVP, fronteira de medição e efeitos interactivos**

A opção seleccionada para determinar a poupança da MRCE é a opção B - “medição de todos os parâmetros”, tal como definido no volume I do IPMVP, EVO 10000 - 1:2009. O consumo de energia e as horas de operação são as quantidades medidas.

A fronteira de medição inclui apenas as 844 luminárias sujeitas a substituição. As medições serão efectuadas apenas a uma amostra aleatória e representativa do sistema de iluminação afecto à MRCE.

A nível de *efeitos interactivos*, a redução da potência instalada em iluminação poderá interagir com o sistema de aquecimento e arrefecimento dos gabinetes. Contudo, é expectável que a redução da potência em causa tenha um impacte insignificativo nos consumos do sistema AVAC, face ao calor sensível emitido por este tipo de lâmpadas ser bastante reduzido. Caso exista alguma influência, considera-se que o consumo adicional da caldeira, para este efeito, seria compensado com as economias de consumo do *chiller*, durante os meses de arrefecimento. Desta forma, os *efeitos interactivos* são ignorados.

- **Situação de referência**

Período

O *consumo de referência* foi obtido através da monitorização de uma amostra aleatória e representativa do sistema iluminação, medindo as potências instantâneas em função do tempo de operação, com um intervalo de integração de dados de 15 minutos. A monitorização foi efectuada durante uma semana, que corresponde ao período do *consumo de referência* (de 18 de Maio às 16h30min a 25 de Maio às 16h30min).

Condições

Os *factores estáticos* identificados dentro da fronteira de medição incluem um inventário do sistema de iluminação e um teste de iluminância. Este inventário foi realizado durante o período auditado (de 24 a 27 de Janeiro de 2012).

A Tabela 34 apresenta os resultados do inventário realizado ao sistema de iluminação afecto à MRCE. As luminárias existentes são equipadas com dois balastros ferromagnéticos e com duas lâmpadas tubulares fluorescentes do tipo T8. Estas estão encastradas no tecto falso e possuem um difusor em acrílico liso opalino, que tem a função de homogeneizar os níveis de iluminação em todo o espaço.

Tabela 34 - Características do sistema de iluminação

Tipo de Divisão	Tipo de iluminação	Tipo de armadura	Tipo de Balastro	Potência (W/Lâmpada)	Nº luminárias	Nº Lâmpadas Total
Gabinetes	Tubular FL T8	A2	FM	36	422	844

A Tabela 35 mostra os resultados médios dos níveis de iluminação medidos e simulados para o mesmo local. Os valores simulados, através do software *DiaLux* (Dial), têm em conta as mesmas dimensões e condições do local, bem como a localização e o mesmo tipo de iluminação. As simulações foram realizadas para um sistema de iluminação novo, ou seja, a funcionar com a máxima eficiência. O valor simulado é um pouco inferior ao valor recomendado, situando-se próximo deste. Os níveis de iluminação medidos são inferiores ao valor recomendado e aos níveis simulados, contudo os utilizadores não revelaram insatisfação face aos níveis de iluminação actuais. É de notar, que o sistema de iluminação existente pode estar em fim de vida útil e as luminárias têm sujidade acumulada, factores estes que contribuem para a redução dos níveis de luminosidade. Os níveis de iluminação devem ser medidos antes e depois da implementação da MRCE.

Tabela 35 – Níveis de luminosidade

Tipo de Divisão	Nível de luminosidade medido (Lux)	Valor recomendado – EN 12464 (Lux)	Valor Simulado – <i>DiaLux</i> (Lux)
Gabinetes	140	500	450

O sistema de controlo da iluminação é constituído apenas por um interruptor, em cada gabinete, que tem a função de accionar toda a iluminação do gabinete. O utilizador tem apenas uma opção para ligar ou desligar toda a iluminação do seu gabinete. Somente nos gabinetes que têm mais de dois utilizadores (que são uma minoria em relação aos anteriores), estes têm a opção de ligar toda a iluminação ou apenas metade desta, ou seja, existem dois interruptores.

Tamanho da Amostra

O sistema de iluminação dos gabinetes é alimentado por diversos quadros parciais divididos pelos vários pisos do edifício. A alimentação é feita a 220V. De maneira a obter o consumo de referência determinou-se uma amostra homogénea e representativa de toda a população. O anexo B-3 do IPMVP (volume I, 2009) descreve o método utilizado para determinar o tamanho da amostra de um grupo consumidor.

Utilizando os mesmos critérios de amostragem da MRCE 1, e utilizando as mesmas equações (14) e (15) obteve-se os resultados apresentados na Tabela 36.

Tabela 36 - Parâmetros de Amostragem

População	Nº luminárias	Z	e	CV assumido	n_0
Zonas de Circulação	422	1,64	0,1	0,4	44

A Tabela 37 apresenta os resultados finais de amostragem. Com a aplicação da equação (16) reduziu-se a amostra para 40 luminárias.

Tabela 37 - Resultados finais de Amostragem

População	Tamanho da População (N)	Tamanho inicial da Amostra (n_0)	Tamanho Final da Amostra (n)
Gabinetes	422	44	40

Após as medições, o CV e a precisão devem ser recalculados através da equação (15) e (17).

Consumo de referência

O consumo de referência foi obtido a partir da monitorização dos consumos da amostra do sistema de iluminação, durante uma semana. A Tabela 38 apresenta os valores do consumo semanal, consumo médio de um dia não útil e consumo médio de um dia útil, para os respectivos pontos de medição. O tamanho real da amostra representa o número total de luminárias que foram medidas. Este valor é superior ao tamanho da amostra definido anteriormente, diminuindo assim os erros de amostragem e aumentando a precisão da medição

Tabela 38 – Resultados da monitorização e respectivos pontos de medição

Tamanho Real da Amostra	Ref. Quadro	Disjuntor	Nº luminárias monitorizadas	Nº luminárias em Operação	Consumo semanal (kWh)	Consumo médio dia útil (kWh)	Consumo médio dia ã útil (kWh)
48	Q.E.1	20-iluminação	16	12	23,12	4,62	0
	Q.E.2	12-iluminação	16	15	26,15	5,23	0
	Q.E.3	4-iluminação	16	12,5	49,99	8,64	3,95
TOTAL			48	39,5	99,25	18,27	3,95

Durante o período de referência, 82% das luminárias existentes nos gabinetes monitorizados estavam em condições de operação.

A título de exemplo, a Figura 32 mostra o diagrama de carga da semana monitorizada no quadro parcial do piso 3 (ponto de medição Q.E.3 – iluminação), que representa o consumo de quatro gabinetes e de 16 luminárias. Tal como se pode observar, o perfil de carga dos dias úteis (de dia 21 de Maio a dia 25 de Maio) apresenta um elevado grau de similaridade, o que o indica que este ponto foi uma boa escolha para amostragem.

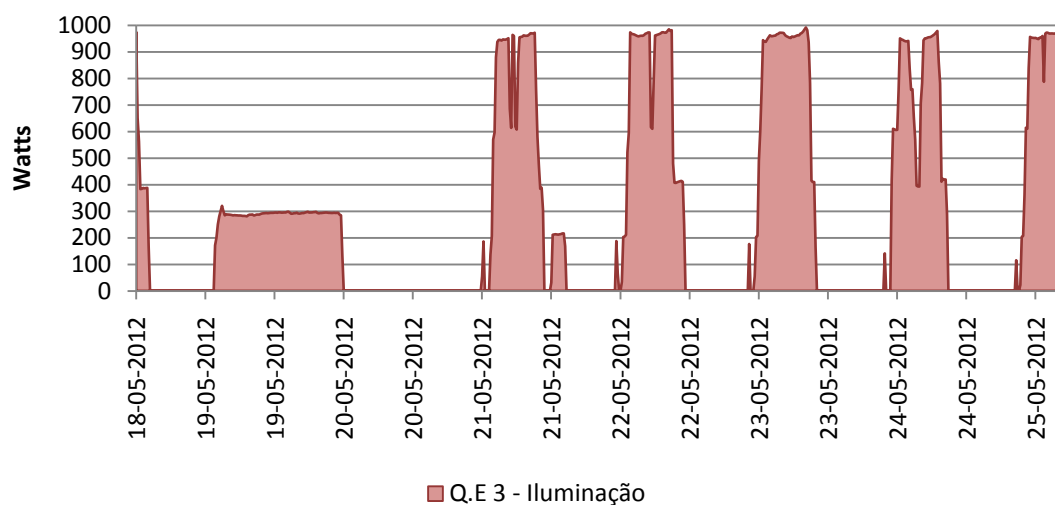


Figura 32 - Diagrama de carga da semana monitorizada no ponto de medição do piso 3 (Q.E.3)

O consumo médio diário por luminária foi calculado com base na divisão entre o consumo médio diário de toda a amostra e o número de luminárias em condições de operação. O consumo semanal por luminária foi obtido a partir dos consumos médios diários para dias úteis e não úteis. O CV actual foi calculado, através da equação (16), tendo em conta os consumos médios semanais de cada luminária, a média de consumos e o desvio padrão. Uma nova precisão foi obtida a partir do CV actual e do tamanho da amostra real. A Tabela 39 mostra os resultados obtidos, o CV permanece igual ao anteriormente estimado e a precisão obtida indica uma aceitabilidade ligeiramente maior face ao valor anteriormente desejado.

Tabela 39 – Consumos médios por luminária

Consumo dia útil (kWh/Luminária)	Consumo dia não útil (kWh/Luminária)	Consumo semanal (kWh/Luminária)	CV actual	Precisão (90% confiança)
0,46	0,10	2,52	0,4	9%

De acordo com a opção B, o consumo de referência (em kWh) é calculado da seguinte forma:

$$\text{Consumo de Referência} = \text{Energia do consumo de referência} \times \text{fracção de luminárias em operação} \pm \text{ajustes não periódicos às condições do período de reporte (22)}$$

Onde:

$$\begin{aligned} \text{Energia do Consumo de referência} = & \\ & (\text{Consumo médio dia útil de uma luminária} \times \text{nº dias úteis} + \\ & \text{Consumo médio dia não útil de uma luminária} \times \text{nº dias não úteis} \times \text{nº total de luminárias (23)} \end{aligned}$$

A Tabela 40 apresenta os resultados obtidos para o consumo de referência.

Tabela 40 - Resultados do Consumo de Referência

Nº Total Luminárias	% Luminárias em funcionamento	Consumo de Referência (kWh)
422	82	46.000

○ Situação Pós-medida

Período de Reporte

O período de reporte deverá ser imediatamente após a implementação da MRCE. Este período deve ser igual ao período de referência, ou seja, realizar uma monitorização dos consumos durante uma semana e com uma integração de dados de 15 minutos.

Condições

As condições do período de reporte serão as mesmas do período do consumo de referência, à excepção do tipo de iluminação. A Tabela 41 fornece as características do novo sistema de iluminação.

Tabela 41 - Características do novo sistema de iluminação

Tipo de iluminação	Tipo de armadura	Tipo de Balastro	Potência (W/lâmpada)	Nº luminárias	Nº Lâmpadas
Tubular FL T5	A2	E	21	422	844

Durante o período de reporte deverá ser verificado se os níveis de iluminância para o novo sistema de iluminação estão em conformidade com o valor recomendado para gabinetes (de acordo com a norma EN 12464-1).

As novas luminárias serão equipadas com um balastro electrónico e com duas lâmpadas tubulares fluorescentes do tipo T5 de 21W. Estas serão encastradas no tecto falso e na mesma posição das antigas. Estas são constituídas por uma grelha reflectora parabólica que tem a função de aumentar os níveis de iluminação e melhorar a eficiência de todo o sistema.

O sistema de controlo da iluminação dos gabinetes também será alterado, através de uma simples modificação na ligação dos circuitos eléctricos do sistema de iluminação de cada gabinete. O sistema de controlo será constituído por dois interruptores, ao invés de um, e permitirá ao utilizador ter duas opções para accionar a iluminação. A primeira opção será ligar apenas uma lâmpada por cada luminária e a segunda opção será ligar toda iluminação. Assim, de acordo com as necessidades de luminosidade dos utilizadores e com a contribuição da iluminação natural, esta alteração visa reduzir as horas de operação do sistema de iluminação.

Consumo do Período de Reporte

O consumo do período de reporte é obtido a partir do mesmo método utilizado para o período de referência. Durante uma semana, os consumos de energia da mesma amostra aleatória e representativa do novo sistema de iluminação devem ser monitorizados. Os analisadores de rede serão instalados nos mesmos pontos de medição (disjuntores) referidos anteriormente, para o período de referência. É de referir, que a MRCE em questão não alterará o número de luminárias instaladas, ou seja, o tamanho da amostra permanecerá igual.

A Tabela 42 apresenta os pontos de medição definidos e o número de luminárias que serão medidas em cada ponto.

Tabela 42 - Pontos de medição

Tamanho Real da Amostra	Ref. Quadro	Disjuntor	Nº luminárias medidas
48	Q.E.1	20-iluminação	16
	Q.E.2	12-iluminação	16
	Q.E.3	4-iluminação	16

A mesma fracção de luminárias em condições de operação do período de referência deve ser considerada para este período. Ou seja, para efeitos de cálculo considera-se que apenas 82% das luminárias instaladas estão em condições de operação.

○ Poupança a Reportar

A poupança da MRCE a reportar, é baseada na diferença entre o consumo de referência e o consumo do período de reporte. Nesta opção é definido que o consumo é medido antes e depois da MRCE, medindo assim a potência em função das horas de operação do sistema de iluminação. A poupança de energia anual (em kWh) pode ser calculada através da seguinte equação:

$$\begin{aligned}
 \text{Poupança} = & \\
 & ((\text{Período de referência, Consumo medido} \pm \\
 & \text{ajustes não periódicos às condições do período de reporte} - \text{Período de reporte, Consumo} \\
 & \text{medido}) * \text{fracção de luminárias em operação} \quad (24)
 \end{aligned}$$

A poupança económica (em €) pode ser calculada da seguinte maneira:

$$\begin{aligned}
 \text{Poupança económica} = & ((\text{Consumo referência} - \text{Consumo do período de reporte}) * \\
 & \text{custo marginal}) + \\
 & ((\text{Potência de Ponta medida no período de referência} - \\
 & \text{Potência de Ponta medida no período de reporte}) * n^{\circ} \text{dias} * \text{Tarifa de Potência de Ponta}) \\
 & (25)
 \end{aligned}$$

○ Especificações do contador

Existem três pontos de medição, tal como referido anteriormente, que pertencem ao mesmo quadro parcial. As especificações do contador utilizado são apresentadas na Tabela 43. O contador utilizado no período do consumo de referência deverá ser o mesmo a ser usado no período de reporte.

Tabela 43 - Especificações do contador

Aplicação	Categoria do Contador	Referência do Contador	Precisão típica
Potência elétrica AC (Watt), tempo (minutos)	Analizador de Redes	C.A 8334B	1%

○ Precisão esperada

Neste processo de determinação de poupança estão incluídos dois tipos de erros. Erros de medição associados à precisão do contador, à sua má calibração ou ao seu uso incorrecto. Erros de amostragem, estes variam consoante o tamanho da amostra a ser medido. A Tabela 44 apresenta as precisões esperadas para cada um dos parâmetros e para o consumo de referência, para um intervalo de confiança de 90%.

Tabela 44 - Precisões esperadas (MRCE 2 - opção B)

Parâmetro	Precisão (%)
Amostragem	9%
Medição do Consumo	1%
Consumo de Referência	9%

Os valores foram calculados com base nas metodologias definidas no anexo B-5, no volume I do IPMVP, EVO 10000 - 1:2009.

○ Custos de M&V

Os custos de M&V para esta MRCE estão associados ao número de equipamentos necessários para monitorizar e ao tempo de cada monitorização. Contudo, este preço poderá variar consoante o número de medições e inspecções periódicas a realizar no período de reporte. A Tabela 45 apresenta os custos das medições efectuadas no período de referência (LNEG).

Tabela 45 - Custos de M&V no período de referência, opção B

Tipo de medição	Nº de medições	Nº de equipamentos	Duração de monitorização (dias)	Custo/medição (€/equipamento.dia)	Custo Total (€)
Monitorização de consumos	3	3	8	50	1200

Outros custos adicionais não foram considerados, assim como, custos relacionados com requerimentos de incerteza e com a elaboração do relatório de poupança. Os custos médios típicos anuais de M&V não devem ultrapassar 10% da poupança média anual a ser avaliada (EVO, 2009).

• Risco e responsabilidade

O contraente público⁹ deve definir quais os requisitos de serviço do edifício a manter ou a garantir pela ESE ao longo do contrato. Tal como descrito na cláusula 26.^a do caderno de encargos (versão colocada para consulta pública em Março de 2012), a implementação de medidas de eficiência energética devem manter esses requisitos, não podendo os mesmos ser alterados pela ESE. Em anexo (anexo V, Tabela 49) pode-se consultar a tabela de Requisitos de Serviço a ser preenchida pela entidade pública, tal como definido no anexo II do Caderno de Encargos.

A ESE assume as responsabilidades pelos riscos inerentes às medidas de eficiência energética e pelo cumprimento dos parâmetros de desempenho energético esperados, definidos no contrato, tal como é descrito na cláusula 16.^a do Caderno de Encargos. A ESE é também responsável por qualquer prejuízo associado ao exercício de actividades que constituem o objecto do contrato.

A ESE obriga-se a manter o bom estado de operação, utilização, conservação e manutenção dos bens afectos ao contrato, durante o período deste. Todas as despesas inerentes ao disposto anteriormente são da responsabilidade da ESE, tal como definido na cláusula 12.^a do Caderno de Encargos.

O contraente público é responsável por qualquer alteração ao período de funcionamento do sistema de iluminação, e a verificação da poupança será feita sempre com base no período de funcionamento estipulado para a situação de referência.

Em anexo (anexo V, Tabela 50) pode-se consultar uma matriz de risco e responsabilidade a ser preenchida pela ESE, tal como descrito no anexo III, parte 2, do Programa de Procedimento Tipo.

• Instrumentação requerida

Neste ponto são apresentados os tipos de instrumentação de medida a serem usados no processo de M&V (ver Tabela 46). Incluindo as suas especificações e precisões de medida. Caso a precisão de medição seja inferior ao valor definido, erros nos cálculos de energia podem ser introduzidos.

Tabela 46 – Características de instrumentação de medida

Tipo de Instrumento	Descrição	Precisão de medida	Nome/Modelo
Luxímetro	Mede níveis de luminosidade, em Lux	$\pm 5\%$	IHM/1308 SI
Wattímetro	Mede potência instantânea, em Watt	$\pm 1\%$	C.A/8332B
Analizador de redes	Mede potência em função do tempo (Watt, min.)	$\pm 1\%$	C.A/8334B

• Preços da Energia

Os preços da energia são definidos de acordo com o plano de preços do comercializador de energia para o ano de início de projecto, designado por ano zero. Este é actualizado anualmente a partir da equação (7), tal como é descrito no ponto 6.4.1 deste documento.

Os preços de energia eléctrica incluem os tarifários de consumo e da potência de pico, que são afectados pelas quantidades medidas. Para o cálculo do custo do consumo de referência considerou-se o tarifário estipulado para o mês do período auditado (Janeiro de 2012), em anexo na Tabela 21 pode-se consultar o tarifário utilizado.

O custo marginal de energia foi utilizado para o período de referência e será aplicado para o período de reporte, de acordo com o tarifário definido. O custo marginal tem em conta a variação da classe

⁹ Entidade pública que contratou a ESCO

tarifária, ou seja, obtêm-se o custo total a partir da soma dos custos de cada consumo em função da sua classe tarifária.

- **Alteração e ajustes da *baseline***

Para ambas as medidas, não se considerou nenhuma base para *ajustes periódicos*, pois não existem *variáveis independentes* que influenciem o consumo de energia nos dois períodos. Não se considerou nenhuma base para *ajustes não-periódicos*, pois é expectável que os *factores estáticos* não sofram alterações, no entanto, caso se verifiquem alterações na quantidade de luminárias a instalar, devido a mudanças dos níveis de iluminação, ou modificações no tipo e períodos de ocupação, áreas de utilização, devem ser feitas alterações à *baseline*. A poupança a ser reportada será do tipo *custo evitado*, e caso houvesse necessidade de usar ajustes, seria o *consumo de referência* a ser ajustado com base nas condições do período de reporte.

De acordo com a cláusula 41.^a do caderno de encargos (versão colocada para consulta pública em Março de 2012), no ponto 3 é definida que devem ser feitas alterações à *baseline* quando se verifica modificações no tipo de uso das instalações, nos horários e períodos de operação, na ocupação das instalações, na estrutura física da envolvente das instalações e mudanças permanentes nos Requisitos de Serviço. No ponto 4, é ainda definido que não são consideradas alterações da *baseline* as variações climatológicas e as variações tarifárias relacionadas com o custo de energia. No ponto 5, é estipulado que o ajuste à *baseline* só deve ser feito em função das alterações materiais do consumo previstas no plano M&V e que resultem numa variação do consumo superior a 5%, no caso de projectos de nível 1, e de 2% em casos de projectos de nível 2 do Sistema de Qualificação das ESE.

Não são permitidas revisões à *baseline* definida contratualmente através da alteração dos Requisitos de Serviço (em anexo pode-se consultar na Tabela 50 os requisitos de serviço a preencher pela entidade pública), tal como disposto na cláusula 26.^a do Caderno de Encargos.

- **Relatórios de M&V**

Tal como definido na cláusula 32.^a do Caderno de Encargos (versão colocada para consulta pública em Março de 2012), a ESE obriga-se a apresentar após a entrada em serviço das medidas e anualmente, no primeiro dia do mês homólogo seguinte ao mês da entrada em serviço, um relatório de medição e verificação. Este relatório permite avaliar as economias de energia obtidas e deve ser elaborado de acordo com as regras e modelos definidos para o efeito, tal como disposto no Caderno de Encargos Tipo.

- **Actividades de M&V Pós – medida**

Após a implementação das medidas devem ser realizados testes e ensaios para verificação das condições normais de operação de cada medida por parte da ESCO, tal como disposto na cláusula 21.^a do Caderno de Encargos (versão colocada para consulta pública em Março de 2012).

Para ambas as MRCE e respectivas opções seleccionadas, devem ser repetidas as medições definidas para o período de reporte uma vez por ano, de forma a garantir a quantificação real da poupança e que o contrato de desempenho energético (CDE) permaneça válido. Outras inspecções periódicas devem ser realizadas ao local pelo contraente público, de maneira a se certificar que não ocorre nenhum problema no funcionamento do sistema de iluminação afecto às MRCE. Desta forma, qualquer problema identificado no sistema de iluminação e qualquer alteração ao seu modo de funcionamento ou períodos de operação, deverão ser imediatamente comunicados à empresa de serviços energéticos (ESE) por parte da entidade contratante.

- **Custos Totais de M&V para o projecto global**

A Tabela 47 apresenta o custo total para os procedimentos de M&V, considerando todas as MRCE associadas ao projecto. Outros custos adicionais não foram considerados, assim como, custos relacionados com requerimentos de incerteza e com a elaboração do relatório de poupança.

Tabela 47 - Custo Total de M&V (projecto global)

MRCE	Opção IPMVP	Tipo de medição	Nº de medições	Nº de equipamentos	Duração de monitorização (dias)	Custo/medição (€/equipamento.dia)	Custo Total/ano (€)
1	A	Medição instantânea	3	1	-	70	210
2	B	Monitorização de consumos	3	3	8	50	1200
3	A	Medição instantânea	1	1	-	70	70
4	A	Medição instantânea	1	1	-	70	70
Custo Total							1550 €

O custo total de M&V para o projecto representa cerca de 13% da poupança média anual prevista, ultrapassando o limite proposto pelo IPMVP (13% > 10%), o que pode comprometer de forma determinante a aplicação desta metodologia de M&V para este projecto.

Anexo VI – Tabelas do programa Eco.Ap

Tabela 48 - Quadro-resumo das variáveis de poupança

Item de Poupança	Valor proposto [%, anos]	Condições mínimas requeridas [parâmetro base]
Poupança total, em kWh, em relação à <i>baseline</i> de Consumo		15%
Porcentagem da poupança total, em kWh, garantida para a instituição		20%
Duração de Contrato		6 – 16 anos

Tabela 49 – Requisitos de Serviço a definir pela entidade contraente (ADENE, 2012)

Espaço	Ocupação permanente	Área	Horário de utilização	Tipo de utilização	Temperaturas de Serviço (Verão/Inverno)	Banda morta máxima [°C]	Nível de iluminação [Lux]	Outros elementos

Tabela 50 - Matriz de risco e responsabilidade (ADENE, 2012)

Responsabilidade/Descrição	Aceitação por parte da ESE [Sim=1/Não=0]
1. Dimensão Financeira	
a. Taxas de Juro e condições de financiamento:	
Nenhuma das partes tem controlo sobre a evolução das taxas de juro. As condições existentes à data da abertura do procedimento podem não ser as mesmas que existem à data da entrega das propostas ou à data da celebração do contrato e do respectivo início de produção de efeitos, podendo surgir alterações destes pressupostos ao longo da execução do contrato. A ESSE vai manter as condições financeiras até à entrada em serviço?	
b. Detalhe da medição e Verificação:	
A entidade adjudicante poderá pretender alterar no decurso da execução do contrato designadamente corrigindo e aumentando, dentro do definido no CE, a qualidade dos processos de medição e verificação que serão implementados. Estas alterações serão aceites e não terão efeitos no contrato?	
c. Poupanças relacionadas com a gestão de energia:	
O concorrente dispõe de liberdade para procurar racionalização da componente financeira do contrato, através de uma gestão mais eficiente dos sistemas energéticos das instalações. As medidas de racionalização podem incluir os deslazes de carga para períodos em que a energia é mais barata ou a redução de potência contratada por via de uma gestão de cargas mais eficiente. Em nenhum momento as actividades de gestão poderão os níveis de serviço verificados antes da adopção do presente contrato. Aceita a ESE esse entendimento?	
d. Poupanças não relacionadas com energia:	
A entidade adjudicante pode vir a anular algum concurso de reabilitação, ou ter poupanças com tarefas que se façam no âmbito da implementação deste contrato (aproveitar trabalhos numa das zonas para realizar obras ou melhorias). O adjudicatário vai permitir que a Entidade Adjudicante tire partido das obras a implementar para alterar outras redes e componentes, sem que tal afecte o conteúdo do contrato a celebrar?	
e. Atrasos:	
As duas partes podem ser responsáveis por atrasos na implementação do contrato. Indicar calendário de implementação e como os atrasos podem ter impacto no contrato. No caso de existirem de atrasos imputáveis à entidade adjudicante, que afectem a construção das medidas previstas e o início da fase de operação, não serão passados à Entidade Adjudicante eventuais custos financeiros?	
f. Obras ou alterações futuras no edifício:	
Está previsto que no caso de alterações materiais no edifício, que tenham impacto no <i>Baseline</i> , o concorrente será o gestor de projecto, assumindo o papel de dono de obra na execução da empreitada. A entidade adjudicante pode, contudo, se for uma obra não directamente da especialidade do adjudicatário (i.e. não relacionada com equipamentos mecânicos) pedir a colaboração de entidades terceiras especializadas. Será a entidade adjudicante a definir qual o tipo de colaboração a pedir, de	

acordo com o CE. Aceita o adjudicatário esta interpretação?	
g. Tempo de revisão das alterações nas tarifas e consumos	
Está previsto que anualmente se procederá a uma análise da execução contratual. Sem prejuízo, não se exclui a possibilidade de virem a ocorrer alterações intermédias (a meio do ano) relevantes aos pressupostos da execução contratual, designadamente no que respeita às tarifas. Tais alterações poderão produzir um impacto contratual imediato, i.e., antes da próxima medição. O adjudicatário vai esperar até ao final do período anual para apresentar esta alteração?	
2. Operação	
a. Horas de operação:	
O tempo de funcionamento dos sistemas é controlado pela entidade adjudicante. Aumentos ou diminuições nas horas de operação podem ser encarados como aumentos na poupança ou diminuição da poupança dependendo do método de verificação (i.e. se horas de operação multiplicadas pela melhor eficiência dos equipamentos, ou uma análise da factura total do edifício). A ESE indica claramente no seu plano de medição o seu entendimento deste assunto?	
b. Carga sobre os equipamentos:	
A carga a que os equipamentos estão sujeitos, quer seja a carga eléctrica ou a carga de frio ou calor, pode mudar ao longo do tempo. A entidade adjudicante tem o controlo sobre as áreas, horários, intensidade de uso (mudanças na ocupação ou nas necessidades funcionais). As mudanças na carga podem ser interpretadas como aumentos ou diminuições na <i>Baseline</i> , dependendo do método de verificação e medição. A ESE indica claramente no seu plano de medição o seu entendimento deste assunto?	
c. Medidas Comportamentais:	
Muitas medidas de conservação de energia requerem a participação activa dos ocupantes. Estas medidas possuem retorno incerto e muitas vezes o concorrente pode não conseguir alcançá-las. Indique que não são usadas medidas comportamentais	
3. Performance	
a. Performance do Equipamento	
O concorrente tem o controlo sobre a selecção do equipamento e é responsável pela sua boa instalação, comissionamento e performance. O concorrente é ainda responsável por demonstrar o nível de eficiência proposto e que se atingem os níveis de serviço previstos no CE, tendo para isso a informação total de como vai interagir o edifício ou sistema sobre o equipamento proposto. A ESE aceita esta interpretação?	
b. Operação	
As operações diárias e rotineiras efectuadas no edifício têm um impacto sobre a eficiência do serviço. O concorrente é responsável pela realização destas operações, mesmo que estas actividades sejam feitas por outras equipas (manutenção interna do edifício, por exemplo). A manutenção inerente ao contrato vai ser feita por equipas próprias?	
c. Manutenção Preventiva de equipamentos	
A manutenção programada tem uma grande importância na operação e performance. O concorrente é responsável pela eficiência de equipamentos mesmo que transitoriamente não seja a entidade responsável pela manutenção preventiva, ou que estes serviços possuam equipas locais, ou que mesmo que tenha equipas da ESE estas sejam coordenadas e chefiadas por pessoal interno ao edifício, ou sistema. Vai a ESE assumir totalmente a responsabilidade de performance?	